

Lichtgedanken im Dunkeln

Der künstlerische Aspekt der Beleuchtung einer
dreidimensionalen Szene

Diplomarbeit

im Fach Digitales Informationsdesign
Studiengang Informationsmanagement
der
Fachhochschule Stuttgart –
Hochschule der Medien

Simone Barca

Erstprüfer:	Prof. Dr. Thissen
Zweitprüfer:	Prof. Dr. Mangold

Bearbeitungszeitraum: 15. 07. 2002 bis 29. 10. 2002

Stuttgart, 10. 2002

Kurzfassung

In den letzten Jahren ist mit den dreidimensionalen Computergrafiken ein neues Medium entstanden. Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem künstlerischen Bereich der Beleuchtung einer Szene im dreidimensionalen Raum. Sie zeigt wie wichtig und komplex das Zusammenwirken von Licht und Schatten bei der Erstellung von Computergrafiken ist. Das Ziel der Diplomarbeit ist, einen Einblick in die Überlegungen eines 3D-Computergrafikers bei der Erstellung einer Szene zu geben. Sie stellt dar, wie eine Computergrafik realistisch wirken kann und macht deutlich, dass eine genaue Kenntnis der zur Verfügung stehenden Mittel unentbehrlich ist. Vorbild für jede realistisch wirkende Szene ist die Natur. Daher ist eine gute Beobachtung der realen Welt für eine gute Computergrafik immer notwendig.

Schlagwörter: Diplomarbeit, dreidimensionalen Raum, Computergrafiken, Beleuchtung

Abstract

In the last years a new medium started to exist. It is the three dimensional computer graphic. These diploma theses are about the correct lightning of a scene in the three dimensional area. It also shows how important and complex the relationship between light and shadow is. The goal of these diploma theses is to make clear how a 3d-artist has to be prepared for creating a 3d-scene. It answers the question what you need for making a graphic realistic. Also you need to know what method you have to choose in which situation.

Keywords: lightning, 3d-artist, 3d-scene

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	2
Abstract.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis	5
Vorwort.....	7
1 Aufbau eines 3D-Programms	8
1.1 Die Grundelemente eines 3D-Objekts	9
1.2 3D-Grundkörper	9
2 Die Arbeitsschritte	10
2.1.1 Modellieren.....	10
2.1.2 Texturieren	10
2.1.3 Animation.....	11
2.1.4 Beleuchtung	12
3 Grundlagen Licht.....	14
3.1.1 Eigenschaften von Licht	14
3.1.2 Lichtquellen	15
3.1.3 Einstellungsmöglichkeiten für Lichter	22
3.2 Beleuchtungsrichtung des Lichts	23
3.3 Verhältnis von hell und dunkel.....	25
3.3.1 Low-Key.....	25
3.3.2 High-Key.....	25
3.4 Warum Licht von links oben?	26
3.5 Lichtfärbung bei Tag und Nacht	27
3.6 Referenzlicht	28
4 Beleuchtung.....	30
4.1 Dreipunkt-Beleuchtung.....	30
4.1.1 Schlüssellicht	32
4.1.2 Fülllicht.....	33
4.1.3 Gegenlicht	36
4.2 Globale Beleuchtung.....	36
4.2.1 Radiosity.....	37
4.2.2 Photon-Mapping.....	38
4.2.3 Lichtreflexe (Caustics)	39
5 Licht und seine Merkmale.....	41

5.1	Eigenschaften des Lichts	41
5.1.1	Weichheit.....	41
5.1.2	Intensität.....	46
5.1.3	Farbe	51
5.1.4	Lichtmuster.....	52
5.1.5	Animation des Lichts	54
6	Schatten	57
6.1.1	Wirkung von Schatten.....	57
6.1.2	Lichtquellen mit Schatten.....	62
6.1.3	Helligkeit von Schatten.....	67
6.1.4	Schatten simulieren.....	71
7	Zusammenfassung	76
	Literaturverzeichnis.....	77
	Erklärung.....	78

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1 Das User Interface	8
Abb. 2.1 Schloss.....	13
Abb. 3.1 Links wurde Umgebungslicht eingesetzt, rechts wurde mit Fülllichter gearbeitet.....	16
Abb. 3.2 Punktlicht.....	17
Abb. 3.3 Punktlicht als Lampe	18
Abb. 3.4 Spotlicht	19
Abb. 3.5 Tischlampe.....	20
Abb. 3.6 Richtungslicht	21
Abb. 3.7 Bereichslicht	22
Abb. 3.8 Falloff	23
Abb. 3.9 Lichter aus unterschiedlicher Richtung	24
Abb. 4.1 Ergebnisse unterschiedlicher Beleuchtungen.....	31
Abb. 4.2 Veranschaulichung der Dreipunkt-Beleuchtung.....	32
Abb. 4.3 Die indirekte Beleuchtung erreicht durch das Fülllicht	33
Abb. 4.4 Unterschiedliches Verhältnis zwischen Schlüssellicht und Fülllicht	35
Abb. 4.5 Lichteinsatz ohne „Globale Beleuchtung“	37
Abb. 4.6 Globale Beleuchtung durch Radiosity	37
Abb. 4.7 Simulation von Radiosity	38
Abb. 4.8 Globale Beleuchtung durch Photon-Mapping.....	39
Abb. 4.9 Lichtreflexe vom Wasser.....	39
Abb. 4.10 Lichtreflexe vom Spiele und der Vase.....	40
Abb. 5.1 Beleuchtung mit hartem Licht.....	42
Abb. 5.2 Beleuchtung mit einem Bereichslicht.....	42
Abb. 5.3 Unterschiedlich große Bereichslichter zum Vergleich.....	43
Abb. 5.4 Simulation von Bereichslicht	44
Abb. 5.5 Unterschiedliche Lichtintensität der Lampe	47
Abb. 5.6 Invers quadratischer Lichtabfall	48
Abb. 5.7 Linearer Lichtabfall.....	49
Abb. 5.8 Kein Lichtabfall	50
Abb. 5.9 Das untere Bild wurde im oberen als Schatten eingesetzt.....	53
Abb. 5.10 Animation eines Cookies (Ventilator)	56
Abb. 6.1 Bestimmung der Position im Raum	58
Abb. 6.2 Der Schatten zeigt eine neue Perspektive des Motivs auf	58
Abb. 6.3 Rechtes Bild wird durch einen Schlagschatten ansprechender.....	59
Abb. 6.4 Durch Schatten entsteht Kontrast zwischen Vorder- und Hintergrund.....	60
Abb. 6.5 Die Schatten suggerieren eine erweiterte Umgebung.....	61
Abb. 6.6 Zwei unvereinbare Elemente vereinigt durch den Schatten.....	62
Abb. 6.7 In manche Szenen genügt nur ein Schatten.....	63
Abb. 6.8 Durch den eigenen Schatten des Balls wird das Bild realistischer.....	63
Abb. 6.9 Zu viele Schatten verwirren bloß	64
Abb. 6.10 Manche Bilder kommen auch ohne Schatten aus.....	65

Abb. 6.11 Ein Portrait ohne Schatten	66
Abb. 6.12 Bereich A und B bilden zusammen ein Schattenbereich	67
Abb. 6.13 Zu dunkle Schattenbereiche wirken nicht natürlich.....	68
Abb. 6.14 Nur der geworfene Schatten ist heller geworden.....	68
Abb. 6.15 Wegen der Schattenfarbe ist es dem Licht möglich massive Objekte zu durchdringen.....	69
Abb. 6.16 Umgebungslicht erzeugt eine flache Schattierung.....	70
Abb. 6.17 Die Schattierungen des Fülllichts sind natürlicher	70
Abb. 6.18 Hier wird auf Schatten verzichtet.....	72
Abb. 6.19 Einsatz von Schattenlichter.....	73

Vorwort

Die dreidimensionale Welt der Computergrafik ist ein ziemlich neues Medium, das immer weiter wächst und neue Facetten zum Vorschein bringt. Vielen Menschen ist nicht bewusst, was man mit diesem Medium erreichen kann und was sich dahinter verbirgt.

Es reicht nicht nur die technischen Aspekte eines Programms zu kennen, man muss auch die Fertigkeit besitzen ein Bild zu komponieren und die richtige Beleuchtung und Farben zu wählen. Nur so erzielt man das gewünschte Ergebnis.

Die Computergrafik ist eine noch recht unterentwickelte Kunstform, doch findet man viele ihrer Komponenten in den klassischen Kunstrichtungen wie Malerei, Fotografie und Film. Man sollte daher von den alten Medien lernen um in das neue Medium hineinzuwachsen und sich darin weiterzuentwickeln. Doch man darf Computergrafik nicht als eine andere Form des Films ansehen. Obwohl es Überschneidungen gibt sind es trotzdem verschiedene Medien.

„Einer der Schlüssel zur völligen Kontrolle über das Medium liegt im Wissen, wie man seine Funktionen. Ein weiterer Schlüssel ist das Wissen, wie man seine leidigen Beschränkungen umgehen kann.“¹

Da man sich das Technische durch Übung aneignen kann und weil es dazu bereits genügend Bücher gibt, wird in dieser Diplomarbeit vor Allem auf die künstlerischen Aspekte wertgelegt. Hinter die Beleuchtung einer 3D-Szene verbergen sich viele Überlegungen und man benötigt viel Erfahrung um wertvolle Ergebnisse zu erzielen. In der Diplomarbeit sind viele dieser Überlegungen berücksichtigt worden und gibt daher viel Wissen über die Kunst der richtigen Beleuchtung preis. Das Wissen wird hier plattformunabhängig präsentiert. In dieser Diplomarbeit wird nicht näher auf die technische Seite des Lichtes eingegangen, also wie das Licht oder der Schatten konkret von den 3D-Programmen berechnet werden. Das Buch „Lighting und Rendering“ von Jeremy Birn ist eines der wenigen Bücher, die sich intensiv mit der Beleuchtung von 3D-Szenen beschäftigen. Dazu kommen die Bücher „Professionelle Bildgestaltung in der 3D-Computergrafik“ von Ralf Brugger und „3D Studio Max R3 Professionelle 3D-Effekte“ von Jon A. Bell. Diese drei Bücher dienen mir als Informationsgrundlage.

¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 13

1 Aufbau eines 3D-Programms

Das Neue an den dreidimensionalen Programmen (3D-Programmen) ist, dass der Nutzer nicht auf einer 2D-Ebene, sondern im Raum gestaltet. Deshalb musste eine Methode entwickelt werden, mit der es möglich ist, einen 3D-Raum an einem 2D-Monitor zu definieren. Heutzutage greifen alle gängigen Softwareprogramme auf das Tri-View-Interface („Drei-Ansichten-Oberfläche“) zurück. Das bedeutet, dass der größte Teil der 3D-Programmoberfläche aus vier Fenstern besteht. Jedes der Fenster zeigt eine andere Ansicht des Gegenstandes oder der Szene, die gerade bearbeitet wird. Um sich am besten im 3D-Raum zurechtzufinden werden eine Ansicht von vorn oder hinten, von links oder rechts, und von oben oder unten gewählt. Die vierte Ansicht ist die Perspektive. In diesem Fenster kann das Objekt von allen Seiten und Perspektiven betrachtet werden.

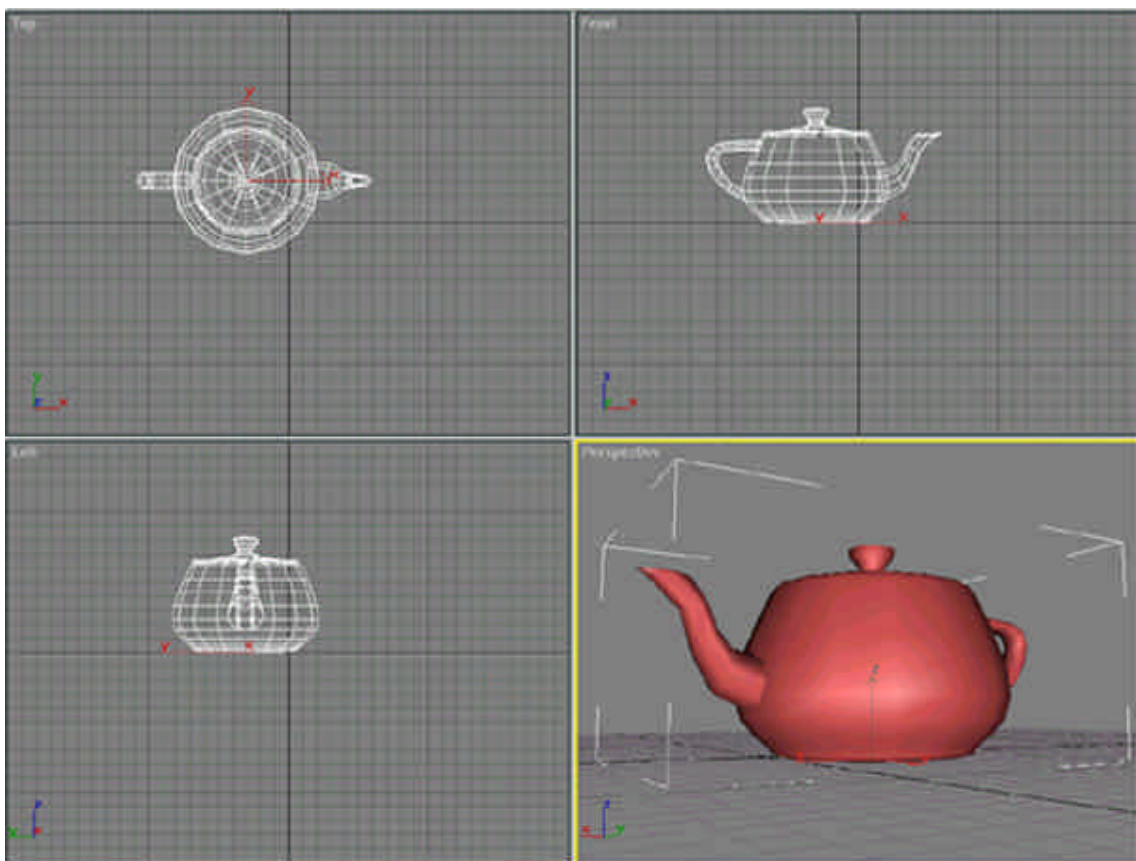


Abb. 1.1 Das User Interface

Das Tri-View-Interface ermöglicht somit jederzeit den Zugriff auf jede Region oder jeden Punkt eines Körpers um diesen zum Beispiel zu verändern. Das Wichtigste an diesem Verfahren ist, dass alle drei Ansichten orthographisch dargestellt werden.

„Orthographisch bedeutet, dass die Darstellungen frei von einer Fluchtpunktperspektive sind. Das heißt, jeder Körper behält seine Größe und Form, egal wie weit er vom Betrachter entfernt ist.“²

1.1 Die Grundelemente eines 3D-Objekts

Das kleinste Element aus dem 3D-Objekte bestehen ist der Punkt. Ein Punkt in einem 3D-Programm besitzt einen x-, y- und einen z-Wert und beschreibt somit eine Koordinate im Raum.

Das nächste Grundelement in der Hierarchie ist das Polygon. Ein Polygon besteht aus mindestens drei Punkten (Vertices). Die Punkte müssen so miteinander verbunden sein, dass dazwischen eine Fläche entsteht, das bedeutet im einfachsten Fall ein Dreieck. Die Größe und Form des Vielecks können beliebig gewählt werden.

Aus den Grundelementen kann man jedes beliebige Objekt erzeugen. Wenn man sich zum Beispiel eine Pyramide vorstellt und die dann in ihre Grundelemente zerlegt, so besteht die Pyramide aus vier gleichförmigen Dreiecke und einem Quadrat als Boden.

1.2 3D-Grundkörper

Um nicht jedes mal beim Modellieren mit einem Punkt oder Polygon zu beginnen, bieten die 3D-Programme Grundkörper. Diese Grundkörper werden vom Programm automatisch generiert. Die Grundkörperpalette der 3D-Programme unterscheiden sich zwar untereinander, aber gewisse Geometriekörper finden sich in jedem Programm wieder: die Kugel, der Quader, der Zylinder, der Kegel und der Kreis. Diese geometrische Körper können in ihrer Position, Größe und der Feinheit der Unterteilung genauer definiert werden.

² Arndt von Koenigsmarck: 3D Design. Grundlagen der Gestaltung in der dritten Dimension. Midas Verlag. St. Gallen 2000, S 15

2 Die Arbeitsschritte

Die Groben Arbeitsschritte in einem 3D-Programm sind Modellieren, Texturieren, Ausleuchten, Animieren. Die Reihenfolge muss nicht zwingend eingehalten werden.

2.1.1 Modellieren

Beim Modellieren startet man zum Beispiel mit einem Grundkörper den es zu dem gewünschten Objekt zu verformen gilt. Jedes Grundobjekt besitzt einen Schwerpunkt, der beim Modellieren hilft. Der Schwerpunkt ist der Bezugspunkt, wenn man anfängt den Grundkörper zu verschieben oder zu verändern. Die Grundfunktionen beim Modellieren sind das Skalieren, das Verschieben und das Rotieren. Beim Skalieren verändert sich die Größe des Objektes ausgehend vom Schwerpunkt. Es ist möglich das ganze Objekt zu vergrößern oder zu verkleinern, oder es nur in der Richtung einer Koordinate, das heißt nur in einer Dimension, x, y oder z, zu skalieren.

Beim Verschieben des Objektes im Raum erhält der Schwerpunkt die Koordinaten des Punktes an dem das Objekt verschoben worden ist. Beim Rotieren spielt der Schwerpunkt wieder eine sehr wichtige Rolle, denn das Objekt wird um seinen Schwerpunkt rotiert, das bedeutet der Schwerpunkt ist auch der Drehpunkt. Dazu ist noch zu erwähnen, dass jeder Schwerpunkt beliebig und unabhängig vom Objekt versetzt werden kann.

2.1.2 Texturieren

Nachdem die gewünschten Objekte fertig modelliert werden, sind diese sozusagen „nackt“. Beim Texturieren werden die Objekte mit Farben und Oberflächen überzogen. Die Oberflächen und Farben lassen sich mit Hilfe unzähliger Einstellungsmöglichkeiten an die eigenen Wünsche genauestens anpassen. Oft wird für die Texturierung auch ein Bild verwendet. Es stehen verschiedene Methoden zur Auswahl, die das Bild verzerrungsfrei auf das Objekt projizieren.

Die erste Technik ist das planare Mapping (Flächen-Mapping). Dabei wird das Bild wie ein Dia auf ein Modell projiziert. Das funktioniert sehr gut, solange das Modell größtenteils parallel zum projizierten Bild ist. Bei gebogenen und verwinkelten Objekten führt das planare Mapping zu Verzerrungen, deshalb kommen hier andere Texturierungsmethoden am tragen.

Zum einen wäre da das sphärische Mapping, dabei werden die Bilddaten zu einer Kugel verbogen und so auf das Objekt gelegt. Um bei dieser Methode Verzerrungen zu vermeiden, sollte das Bild vorher in Polarkoordinaten umgerechnet werden. Ein gutes Beispiel bei dem man diese Mappingmethode benützt, wäre eine Weltkarte, die auf einer Kugel projiziert wird.

Eine ähnliche Projektionsart ist das zylindrische Mapping. Das Bild wird zu einer Rolle geformt, die das Modell wie eine Röhre umschließt.

Die letzte gängige Möglichkeit der Texturierung ist das kubische Mapping. Dabei wird das Bild wie ein Kubus, das heißt von oben, unten, rechts, links, vorn und hinten, auf das Objekt gemappt.

Bei all diesen gängigen Methoden der Texturierung kommt es dann zu Verzerrungen, wenn die Form des 3D-Objektes zu sehr von der Mapping-Methode abweicht. Im Falle eines „Versagens“ der genannten Methoden kommt das uvw-Mapping³ zum Einsatz. Hier kann man das zu projizierende Bild mit einer Gummihaut vergleichen. Diese wird über das 3D-Modell so gespannt, dass jeder Punkt des 3D-Objektes mit einer Koordinate des Bildes zusammenfällt. So gelangt das Bild als Textur in den versteckten Ecken des Modells ohne Verzerrungen. Doch auch diese Methode hat einen kleinen Nachteil, denn das zu mappende Bild ist relativ schwierig zu erstellen. Das heißt das diesmal das Bild verzerrt gemalt werden muss, um später bei der Texturierung die entsprechenden Farbwerte an die richtigen Stellen auf dem 3D-Modell zu bekommen. Aus diesem Grund wird bei dieser Technik häufig ein 3D-Paintprogramm angewandt. Damit kann man in Echtzeit direkt auf den 3D-Objekten malen. Um die 3D-Paintprogramme in Echtzeit benützen zu können, benötigt man allerdings einen sehr großen Arbeitsspeicher und einen schnellen Prozessor.

2.1.3 Animation

Die Stärken der 3D-Software liegen in der Animation, „denn alle Flächen, Texturen, und Lampen kommen erst dann richtig zur Geltung, wenn sich Perspektive, Größenverhältnis, oder auch die Form ändern“⁴. Dadurch erfährt der Betrachter wie sich die ganze Sicht der Dinge mit einer neuen Perspektive ändert und somit wird die Illusion einer dreidimensionalen Umgebung perfekt.

Eine typische Animationsmethode ist das Keyframing. Bei dieser Methode werden „alle Werte, die für ein bestimmtes Objekt relevant sind“,⁵ an einem bestimmten Zeitpunkt, in Form eines Keyframes gespeichert. Meistens befindet sich am unteren Bildschirmrand eine Zeitleiste beziehungsweise Frameleiste. Hier kann man die Länge der Animation in Sekunden oder Bilder einstellen und die Keyframes für die Animation einsetzen. Auf der Zeitleiste bewegt man sich mit Hilfe eines Schiebers. Um ein Keyframe „zu legen“ bewegt man den Schieber zum gewünschten Zeitpunkt, dort löst man durch einen Befehl die Speicherung des Keyframes aus, oder man verändert die Szene oder Objekte so wie sie zu dem ausgewählten Zeitpunkt erscheinen sollen.

³ Uvw sind Mapping-Koordinaten für eine dreidimensionale Oberfläche

⁴ Arndt von Koenigsmarck: 3D Design. Grundlagen der Gestaltung in der dritten Dimension. Midas Verlag. St. Gallen 2000, S 136

⁵ Arndt von Koenigsmarck: 3D Design. Grundlagen der Gestaltung in der dritten Dimension. Midas Verlag. St. Gallen 2000, S 136

Einen Keyframe anlegen bedeutet, dass zu dem eingestellten Zeitpunkt in der Animation, alle ausgewählten Objekte so dargestellt werden, wie sie gerade auch in dem Perspektivenfenster zu sehen sind. Es bedeutet aber auch, dass für jedes Element einer Szene, zum Beispiel die Position, die Lichtstärke, die Größe, die Form und noch viele andere Parameter abgespeichert werden. Alle Keyframes werden in einem eigenen Fenster verwaltet. Hier kann man die abgespeicherten Parameter ablesen und verändern. Hat man mehrere Keyframes gesetzt, so sorgt das Programm, dass die Zwischenschritte automatisch berechnet werden und so einen sanften und gleichmäßigen Übergang zwischen zwei benachbarte Keyframes entsteht. Die Keyframes kann man jederzeit wieder löschen oder ihre Werte verändern.

2.1.4 Beleuchtung

„Man denkt selten darüber nach, wie Licht sich in der realen Welt verhält. Doch es bedarf einer Menge an Überlegung und Probieren, um die gewünschte Beleuchtung in einer computergenerierten Welt zu erzielen. Computergrafiken bieten fast unendliche Möglichkeiten, eine Szene auszuleuchten, ohne die Einschränkungen, die man in der Natur hat. Unglücklicherweise kann jedoch genau diese Freiheit, alle nur erdenklichen Arten von Beleuchtung erzeugen zu können, es sehr schwer machen, ein Bild realistisch wirken zu lassen.“⁶

Licht wird nicht nur deshalb eingesetzt um die Gegenstände einer Szene erkennen zu können, sondern es hilft ein Gefühl, eine Atmosphäre aufzubauen oder es richtet die Aufmerksamkeit des Betrachters auf einen bestimmten Punkt oder Objekt. Licht beweist seine Stärke auch in der „Modellierung“. Das bedeutet, dass Licht und Schatten den Eindruck des dreidimensionalen Raumes vertiefen. Sie verleihen einer Szene mehr Tiefe und Dichte. Licht kann sehr gut als erzählendes Element eingesetzt werden, als Beispiel ist die kinematische Beleuchtung zu erwähnen. Die gezielte Platzierung einzelner Lichtquellen auf Bild 2.1. verleiht dem Szenario des leeren Schlosses den Anflug von Mystik.

⁶ Jon A. Bell: 3D Studio Max R3. Professionelle 3D-Effekte. MITP-Verlag, Bonn 2000, S 44



Abb⁷. 2.1 Schloss

⁷ Jon A. Bell: 3D Studio Max R3. Professionelle 3D-Effekte. MITP-Verlag, Bonn 2000, S 46

3 Grundlagen Licht

3.1.1 Eigenschaften von Licht

Licht in der Natur liegt nicht als Strahl vor, sondern als besondere Art der elektromagnetischen Wellen. Die Frequenz des Lichtes liegt bei einer Wellenlänge von 380 bis 780nm (Nanometer). Alles was außerhalb dieses Bereiches liegt kann das menschliche Auge nicht wahrnehmen.

„Die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts führen beim Menschen zu unterschiedlichen Farbwahrnehmungen. Je niedriger die Frequenz umso länger ist die Wellenlänge. Licht zwischen 620 und 780nm (Nanometer) sehen wir als Rot, zwischen 490 und 530nm, Grün und im Bereich von 430 bis 490nm, Blau. Ultraviolettes und infrarotes Licht liegen außerhalb des Sehbereichs des menschlichen Auges. Abhängig von der Schwingungsfrequenz nehmen wir das Licht in einer anderen Farbe wahr. Das Spektrum reicht von Rot über Gelb, Grün, Cyan, Blau bis hin zu Violett.“⁸

In der RGB-Farbpalette sind Rot, Grün und Blau die Primär- oder Grundfarben. Alle anderen Farben entstehen durch Mischung der Grundfarben, bekannt als Mischfarben. Dieses Verfahren der Farbmischung nennt man additive Farbmischung. Alle Farben lassen sich genauestens durch den Farbwert, die Sättigung und die Helligkeit definieren. Es ist Isaac Newtons Verdienst, dass wir über das Farbspektrum des Lichtes Bescheid wissen. Er war es der weißes Licht durch ein Prisma schickte und sah wie sich das Licht in einzelne Farben zerlegte.

„Das bedeutet: Sind alle Primärfarben im Licht gleichmäßig vorhanden, erscheint das Licht weiß. Ist keine Farbe vorhanden, gibt es kein Licht, es ist also Schwarz. Weiß und Schwarz werden aus diesem Grund nicht als Farben bezeichnet.“⁹

Doch wieso haben Körper im weißen Licht eine Farbe? Das liegt an den Oberflächen der Körper. Materialien besitzen die Fähigkeit einige Farben des Lichts zu absorbieren und andere zu reflektieren. Hat ein Körper die Farbe Blau so bedeutet das, dass er alle Farben des Lichts absorbiert bis auf Blau, das er reflektiert.

⁸ István Velsz: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley. München 2000, S 231

⁹ István Velsz: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley. München 2000, S 232

3.1.2 Lichtquellen

In den 3D-Programmen sind viele verschiedene Arten von Lichtquellen zu finden.

„In den meisten Fällen kann der Betrachter eines Bildes im nachhinein nicht mehr sagen, welcher Lichttyp für die Erzeugung des jeweiligen Effekts eingesetzt wurde. Die Wahl des Lichttyps ist eher Geschmackssache. Sobald Sie sich entschieden haben, welche Bereiche der Szene beleuchtet und welche vom Licht ausgeschlossen bleiben sollen, liegt es letzten Endes in Ihrer Hand, für welchen Lichttyp Sie sich entscheiden. Meist werden sie den nehmen, der am einfachsten zu handhaben ist.“¹⁰

Man kommt also nicht darum herum eine gewisse Natürlichkeit in der Beleuchtung der Szene wiederzugeben. Wir werden mit der Wirklichkeit jeden Tag konfrontiert und wir nehmen unbewusst Eindrücke wahr, die wir in unser Gedächtnis speichern. Die Eindrücke beziehen sich nicht nur auf Formen, Oberflächen und vieles mehr, sondern auch auf die Beleuchtung. Betrachten wir also ein Bild, vergleicht unser Gehirn die gespeicherten Eindrücke mit dem Bild und stuft es dann als etwas Bekanntes oder als störend ein.

Um einen realistischen Eindruck in einem Bild oder Animation zu erzielen ist die richtige Beleuchtung ein sehr wichtiges Mittel.

„Ein realistischer Eindruck entsteht vor allem durch die richtige Verwendung von Licht. Grundsätzlich lassen sich alle Erscheinungen, die in der Natur zu beobachten sind, auch auf die Lichter im Computer übertragen oder zumindest über Umwege simulieren.“¹¹

Es gibt verschiedene Lichtarten: Punktlicht, Spotlicht, Richtungslicht, Bereichslicht und Umgebungslicht, wobei dieses eine Sonderstellung einnimmt.

3.1.2.1 Umgebungslicht

Das Umgebungslicht (auch englisch *Ambience* oder *Ambientlight* genannt) ist eine Lichtquelle, die in den meisten Programmen einen unrealistischen Effekt erzielt. Diesen Effekt kann man im richtigen Leben nirgendwo finden. Das Umgebungslicht wird wenig bis gar nicht eingesetzt, denn es erschwert nicht nur den Prozess der Szenenbeleuchtung, sondern hat einen negativen Einfluss auf die Kontrolle über die Ausleuchtung.

Durch das Umgebungslicht wird die allgemeine Helligkeit einer Szene bestimmt. Dieses Licht hat keinen Ursprung und keine „Strahlrichtung“. Dadurch kann das Licht keine Schatten werfen und es führt auch zu keinen Schattierungen auf den Objektoberflächen. Das Umgebungslicht durchdringt jeden Körper. Es erzielt in der Szene eine flache, gleichmäßig verteilte Helligkeit, die auf alle Objekte gleichermaßen einwirkt.

¹⁰ Jeremy Birn: *Lighting und Rendering. Markt und Technik.* München 2001, S 21

¹¹ István Velsz: *3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation.* Addison-Wesley. München 2000, S 236

Somit werden Schatten aufgehellt und Bereiche sichtbar gemacht, die sonst kein Licht erreicht. Mit dem Einsatz des Umgebungslichtes erzielt man eine unrealistisch einheitliche Farbschattierung auf den Objektoberflächen, das heißt jedes Objekt der Szene erhält die gleiche Farbe und Lichtintensität auf allen Objektseiten.

Verwendung findet das Umgebungslicht, beim Aufhellen dunkler Schatten, als „Kontrastregler“ und um einen allgemeinen Farbstich in einer Szene herzustellen, wie zum Beispiel der Rotstich beim Sonnenuntergang. Wenn man das Umgebungslicht zur Kontrastregelung einsetzt sollte man eine geringe Lichtleistung und eine Farbgebung in dunklem grau oder blau wählen. Man sollte sehr stark darauf achten das Umgebungslicht nicht zu hoch einzustellen, da es leicht dazu kommen kann das Bild überzubelichten und vor allem „wirkt das Bild wegen der fehlenden Schattierung schnell kontrastarm und sehr flach.“¹² „Es gilt also: Je weniger Umgebungslicht verwendet wird um so kontrastreicher und realistischer wirken die Bilder.“¹³ Je höher das Umgebungslicht desto Kontrastärmer wird das Bild.

Die Kontrastarmut entsteht durch die Aufhellung der Farben und der dadurch resultierenden farblichen Angleichung benachbarter Farbflächen. Durch die starke Aufhellung dunkler Bildstellen schwindet auch der Kontrast zwischen hell und dunkel, Schatten und Licht. Man sollte bedenken, dass der Bildkontrast auch für den Schärfeeindruck des Bildes verantwortlich ist. Ein hoher Kontrast führt zu einem schärferen und härterem Bild. Nimmt der Kontrast ab ist das Bild unschärfer und weicher.

Es lohnt sich gut vorher zu überlegen ob ein Umgebungslicht unbedingt notwendig ist und sinnvoll ist. Die Konsequenzen zeigen sich in den reduzierten Kontrasten, im Verlust der Spannung und der Detailfülle einer Szene, der Verminderung der Tiefenwirkung und des Raumeindrucks. Es entsteht ein flaches und langweiliges Bild.

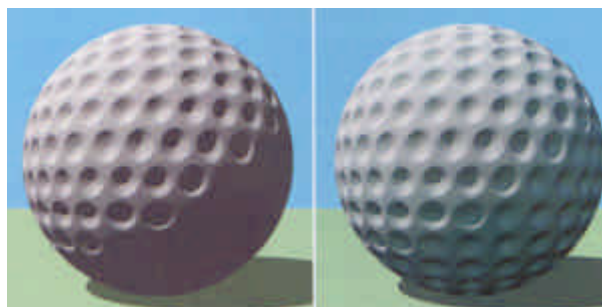


Abb. 3.1¹⁴ Links wurde Umgebungslicht eingesetzt, rechts wurde mit Fülllichter gearbeitet

¹² Arndt von Koenigsmarck: 3D Design. Grundlagen der Gestaltung in der dritten Dimension. Midas Verlag. St. Gallen 2000, S 96

¹³ István Velsz: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley. München 2000, S 235

¹⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 20

Die meisten Künstler raten dazu, das Umgebungslicht eher nachzuahmen. Dies kann man erreichen, indem man zu dunkle Bereiche mit Fülllichtern erhellt. Man kann aber auch besondere Berechnungsmethoden von Beleuchtung einsetzen, wie zum Beispiel „Radiosity“, das zur globalen Beleuchtung gehört. Diese Methode berücksichtigt Licht, das von den Oberflächen reflektiert wird und so die ganze Umgebung beleuchtet. Besitzt man kein „Radiosity“, so kann man diesen Effekt auch simulieren. Näheres dazu wird im Kapitel „Globale Beleuchtung“ beschrieben.

3.1.2.2 Punktlicht

Das Punktlicht bekannt auch als „Omni-Licht“ oder „Omnidirektionales Licht“ hat seinen Ursprung in einem infinitesimalen Punkt im Raum. Das Punktlicht strahlt gleichmäßig in allen Richtungen und wirft somit auch in allen Richtungen Schatten. Je flacher der Winkel zur auftreffender Fläche ist, desto länger werden die Schatten.

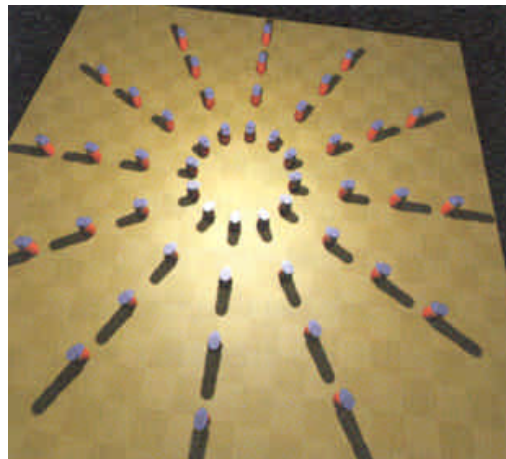


Abb. 3.2¹⁵ Punktlicht

Das Punktlicht kann man mit einer Glühbirne oder einem Stern vergleichen. Ansonsten findet man in der Natur kaum gleichförmige omnidirektionale Lichtquellen, denn die meisten senden in manche Richtungen mehr Licht aus als in andere.

Möchte man ein Omni-Licht als Glühbirne einsetzen, so sollte man bedenken, dass sich Glühbirnen meistens in lichtundurchlässigen Fassungen, Halterungen und in Lampenschirmen befinden. Diese beeinflussen und schränken die Richtung der Lichtstrahlen ein. Um ein Omni-Licht dazu zu bringen in bestimmte Richtungen viel Licht zu werfen und in andere weniger setzt man ungleichmäßige Strahlungsschemas ein.

„Ein solches Schema wird entweder durch Zuweisen einer Textur oder durch Gruppieren der Lichtquelle mit dreidimensionalen, schattenwerfenden Objekten erzeugt. Bild 3.3 verdeutlicht dies an einem Beispiel. Ein

¹⁵ István Velsz: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley. München 2000, S 236

Punktlicht wird im Modell eines Lampenschirms positioniert wodurch der Lichtkegel die typische Form eines Spotlights annimmt.“¹⁶

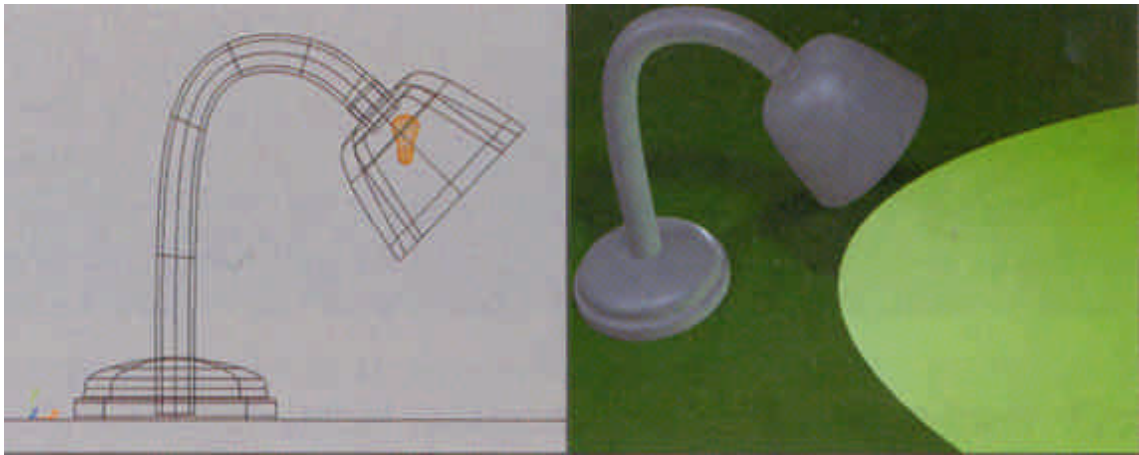


Abb. 3.3¹⁷ Punktlicht als Lampe

Sehr oft wird das Punktlicht auch als Aufheller von dunklen Stellen oder Bildteilen verwendet.

3.1.2.3 Spotlicht

Das Spotlicht ist dem Punktlicht ähnlich. Es simuliert Licht, das von einem einzelnen Punkt in eine angegebene Richtung kegelförmig ausgestrahlt wird. Das Licht ist somit auf einen „einzelnen Strahl“ begrenzt. Durch das Drehen des Spotlights wird die Richtung des Strahls bestimmt. Die Schatten werden in der Richtung des Lichtkegels geworfen und werden mit flacher werdenden Winkel immer länger. Das Spotlicht ist besonders geeignet beim Simulieren einer Taschenlampe, eines Scheinwerfers oder einer Deckenlampe. Es scheint dann von diesen Objekten direkt ein Lichtstrahl auszugehen. Das Spotlicht ist die am häufigsten benutzte Lichtart. Es ist so beliebt, weil es die Möglichkeit bietet gezielt Objekte zu beleuchten.

¹⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 22

¹⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 22

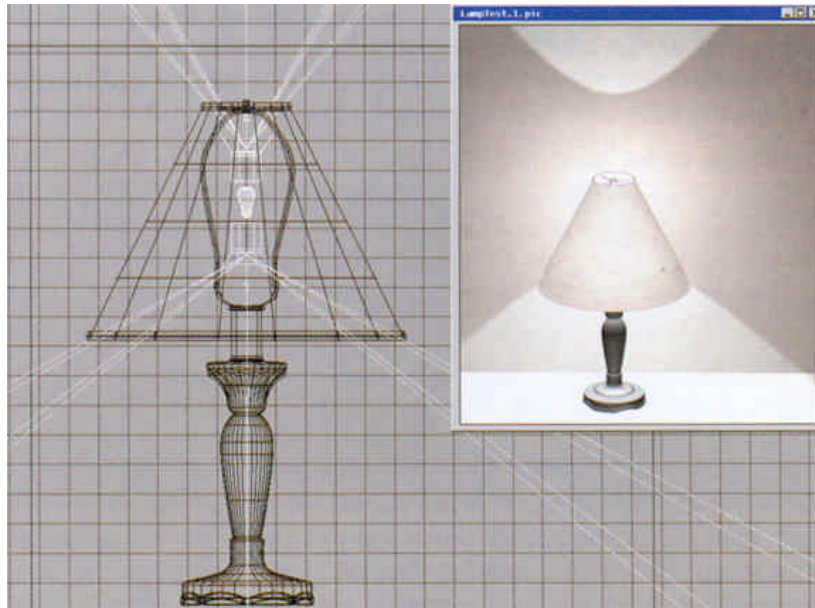


Abb. 3.4¹⁸ Spotlicht

Viele visuelle Effekte in 3D-Grafiken basieren auf dem Einsatz von Spotlichtern. Ihre Beliebtheit liegt nicht nur an der zielgerichteten Beleuchtung, sondern auch an den verschiedenen Optionen und Kontrollmöglichkeiten, die vielseitige Einstellungen ermöglichen. Unter den vielen Parametern gibt es Einstellungsmöglichkeiten für die Projektion einer Grafik oder für einen durch Nebel scheinenden Lichtstrahl.

Spotlichter können viele Arten von Lichtquellen simulieren und lassen sich bequem kontrollieren und ausrichten. Deshalb setzen viele Künstler in ihre Szenen ausschließlich Spotlichter ein. Sogar Lichtquellen, die in verschiedene Richtungen leuchten, kann man sehr einfach nur mit Spotlichtern nachbilden. Man setzt einige Spotlichter an einer Stelle und richtet sie unterschiedlich aus. Ein gutes Beispiel dafür ist eine Tischlampe. Dafür wird ein Licht nach oben und eins nach unten ausgerichtet.

¹⁸ István Velsz: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley, München 2000, S 236

Abb. 3.5¹⁹ Tischlampe

Man kann zwar sehr viel mit den Spotlichtern erreichen, dennoch sollten die anderen Lichtquellen mit ihren Vorteilen nicht vergessen werden.

3.1.2.4 Richtungslicht

Das Richtungslicht kennt man auch unter den Namen „Distanzlicht“, „direktes Licht“, „unendliches Licht“ oder sogar „Sonnenlicht“. Das Richtungslicht simuliert ein Punktlicht in unendlicher Entfernung. Doch um seine Eigenschaften besser zu verstehen kann man sich das Richtungslicht als eine Ebene vorstellen von der aus orthogonal Strahlen „gesendet“ werden. Die Schatten werden immer parallel zu den Lichtstrahlen geworfen und fallen deshalb immer in der gleichen Richtung und haben auch die gleiche „Länge“. Ein Richtungslicht trifft jedes Objekt unabhängig von dessen Standort in der Szene von der gleichen Richtung. Deshalb fallen auch die Schatten alle in der gleichen Richtung und sind orthogonale Projektionen der jeweiligen Objektform.

¹⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 24

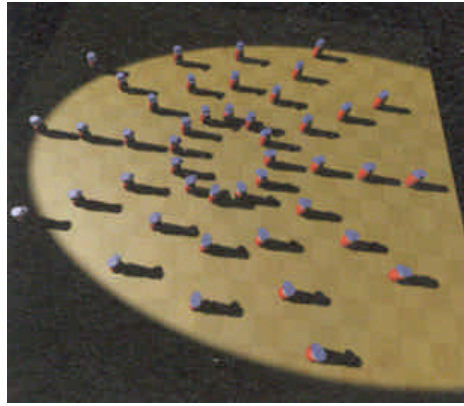


Abb. 3.6²⁰ Richtungslicht

Beim Richtungslicht spielt die Entfernung zu den beleuchteten Objekten keine Rolle, nur die Ausrichtung und der Einfallswinkel der Strahlen. In manchen 3D-Programmen ist es möglich durch die Angabe eines Standorts, des Datums und der Uhrzeit den Verlauf des Sonnenstandes sehr einfach zu simulieren.

Richtungslichter werden häufig für die Simulation der Sonne verwendet, denn im wirklichen Leben ist die Sonne die einzige Lichtquelle, die aufgrund ihrer großen Entfernung annähernd parallel verlaufende Schatten wirft.

Das Richtungslicht wird oft als Sekundär- oder Füllbeleuchtung eingesetzt. Es ist aber eine schnelle und effiziente Alternative zum Umgebungslicht.

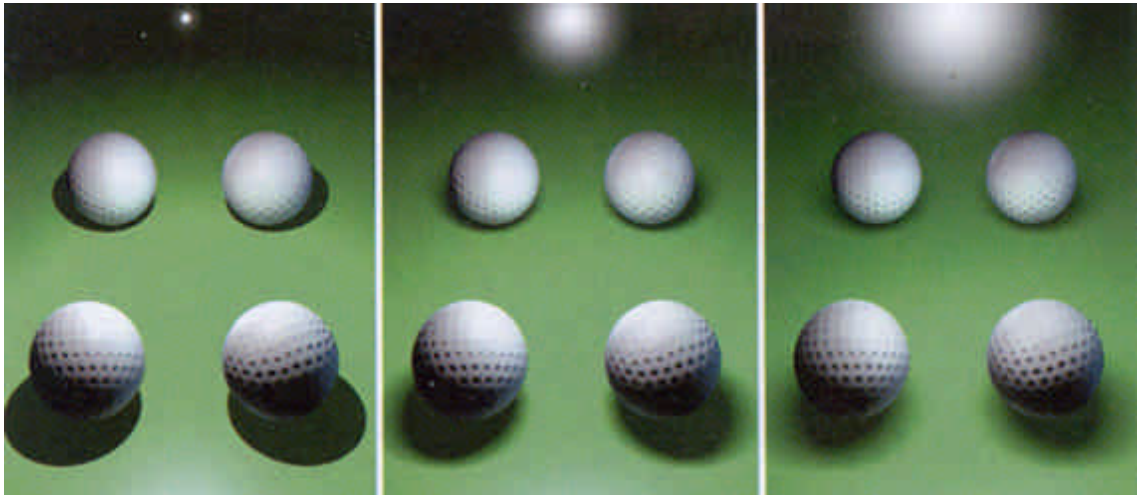
3.1.2.5 Bereichslicht

Als letztes sei das Bereichslicht zu erwähnen.

„Punkt- und Spotlicht senden Licht von einem infinitesimalen Punkt im Raum aus und simulieren nicht die physikalische Größe einer realen Lichtquelle. Ein Punktlicht ist in keiner Dimension skalierbar[...]. Zur genaueren Darstellung realer Lichtverhältnisse verfügen Bereichslichter über eine definierbare Skalierung, damit nicht alle Lichtstrahlen den gleichen Ursprung haben. Das mittlere und rechte Schaubild in Bild [...] [3.7] verdeutlicht die Auswirkung eines hochskalierten Bereichslichts auf helle und schattige Bereiche.“²¹

²⁰ István Velsz: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley. München 2000, S 236

²¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 25

Abb. 3.7²² Bereichslicht

Ein Bereichslicht ist dann der Beleuchtungswirkung eines Punktlichts sehr ähnlich, wenn es sehr klein ist. Ist dagegen das Bereichslicht groß erzeugt es ein mattes Licht und sanfte Schatten. So werden in der Nähe vom Licht befindlichen Objekte von diesem Licht umhüllt. Mit dem Bereichslicht kann man eine sehr hohe Licht- und Schattenqualität erreichen. Das ist der Grund warum Bereichslicht bevorzugt für realistische 3D-Grafiken eingesetzt wird. Durch den Einsatz von Bereichslichtern erhöht sich natürlich die Renderzeit. Deshalb ist es ratsam diese Lichtart für hochqualitative Einzelbilder und nur selten für Animationen zu verwenden.

Die Bereichslichter werden von den 3D-Programmen unterschiedlich organisiert. Bei einigen sind die Bereichslichter als eigener Lichttyp zu finden oder als Unterform der anderen Lichtarten. In anderen Programmen verstecken sie sich als Option der Spot- oder Punktlichter und wiederum in anderen Programmen sind die Bereichslichter gar nicht vertreten.

Es gibt drei Arten von Bereichslichter: Sphärisches, planes und lineares Bereichslicht. Sie unterscheiden sich in ihrer Form und Skalierbarkeit. Sphärisches Bereichslicht ist in allen drei Dimensionen skalierbar und hat die Form einer Kugel. Planes Bereichslicht steht in flacher Form, als Scheibe oder Rechteck zur Verfügung und ist deshalb auch nur in der Länge und Breite skalierbar. Das lineare Bereichslicht gleicht einer Neonröhre und kann nur in der Länge skaliert werden.

3.1.3 Einstellungsmöglichkeiten für Lichter

Unter den vielen möglichen Parameter der Lichtarten gibt es auch einige sehr wichtige Einstellungen wie die Lichtintensität, die Lichtfarbe und die Reichweite des Lichtes. Eine andere typische aber wichtige Einstellungsmöglichkeit erlaubt es bei einem Spot-

²² Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 26

licht, zum Beispiel, die Breite des Lichtkegels frei zwischen einen dünnen und einem breiten Strahl zu regulieren.

„Mit dem Parameter „Softness“ (auch „Spread“ oder „Falloff“ genannt) kann man die Lichtintensität zum Rand des Strahls hin sukzessive abschwächen. Ein weicher Rand verhindert, dass die Position der Lichtquelle offensichtlich wird und vermeidet auf diese Weise einen zu scharfen und unrealistischen Lichtkreis, wie er in Bild [...] [3.8] auf der linken Seite zu sehen ist. Durch diesen Trick können einzelne Bereiche raffiniert erhellt bzw. verdunkelt werden.“²³

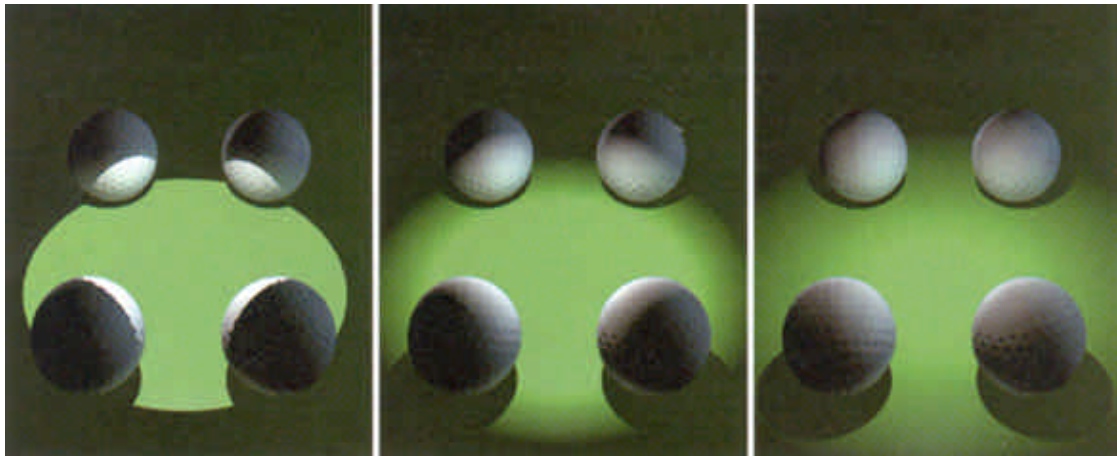


Abb. 3.8²⁴ Falloff

3.2 Beleuchtungsrichtung des Lichts

Das 3D-Programm lässt dem Künstler freie Wahl über die Platzierung des Lichtes im Raum. Unabhängig von der Position des Lichts, ist es im fertigem Bild nicht sichtbar. Doch um den ganzen Raum für die Beleuchtung optimal und zufriedenstellend auszunützen, muss man sich reichlich über der Wirkung des Lichts aus verschiedenen Richtungen Gedanken machen.

²³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 23

²⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 23

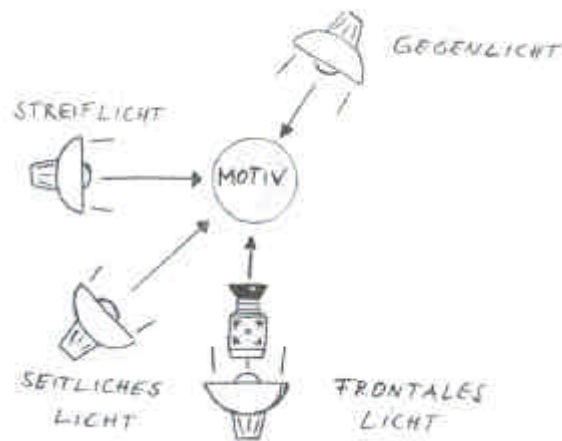


Abb. 3.9²⁵ Lichter aus unterschiedlicher Richtung

Frontales Licht. Das frontale Licht befindet sich auf der Kameraasse. Jeder 3D-Körper wird von diesem Licht in eine zweidimensionale Scheibe verwandelt, das Motiv verflacht. Das frontale Licht lässt keine Schattenbildung auf den Körper entstehen und beleuchtet die Objektoberfläche an allen Stellen mit der gleichen Intensität. Das bedeutet, dass Formen und Strukturen der Objektoberfläche kaum bis gar nicht zu erkennen sind und kaum hervortreten.

Die Trennung zwischen Motiv und Hintergrund wird durch das frontale Licht aufgehoben. Dazu führt die Tatsache, dass der Hintergrund meistens auch mit der gleichen Intensität wie das Motiv erhellt wird und vor allem weil die von den Objekten geworfene Schatten von denselben verdeckt werden. Dadurch fehlt in beiden Fällen ein Kontrast zu den Motiven. Somit kann man behaupten, dass frontales Licht jeder Räumlichkeit und Plastizität entgegen wirkt.

Seitliches Licht. Seitliches Licht „modelliert“ das Objekt. Es bewirkt das plastische Erscheinen des Modells, betont die Körperhaftigkeit des Gegenstandes, seine Form, Oberflächenstruktur und die Räumlichkeit. Bei dieser Belichtung kommen die Schatten deutlich zur Geltung. Man kann sagen, dass diese Beleuchtungsart dem Idealfall einer Szenenausleuchtung in den meisten Fällen entspricht.

Streiflicht. Das Streiflicht ist in einem Winkel von 80° bis 90° zur Vorderseite eines Objektes ausgerichtet. Dadurch entsteht eine starke Schattenmodellierung. Meistens werden die Schattenbereiche zusätzlich von einer Lichtquelle aufgehellt. Geschieht dies nicht, so entsteht durch das Streiflicht ein intensiver Hell-Dunkel-Kontrast auf der Motivoberfläche. Das Streiflicht arbeitet alle Strukturen und Konturen der Objektoberfläche ziemlich deutlich heraus.

²⁵ Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 152

„Die Position des Lichts in Relation zu dem ausgeleuchteten Objekt bestimmt, wie plastisch es wiedergegeben wird. Licht, das von vorne kommt, führt zwangsläufig zu Flächigkeit, Glätte. Je mehr das Licht dem rechten Winkel zur Achse der Kamera angenähert wird, desto modellierter, konturhafter erscheint das Objekt durch das Spiel von Licht und Schatten.“²⁶

Gegenlicht. Das Gegenlicht hilft, um das Motiv vom Hintergrund abzugrenzen indem es einen Lichtsaum entlang der Körperkontur erzeugt.

3.3 Verhältnis von hell und dunkel

High-Key und Low-Key sind zwei Stilrichtungen, die aus der klassischen Schwarz-weißfotografie überliefert worden sind. Die Farbfotografie hat sich ihnen angenommen. Für den 3D-Computergrafiker haben diese beiden Kunstrichtungen eine geringere Bedeutung als in der Fotografie und Malerei, da dieser viel mehr Möglichkeiten zur Ausleuchtung der Szenen hat und diese auch nutzen soll. Trotz allem können High-Key und Low-Key wichtige Ausgangsgrundlagen für den 3D-Computergrafiker bilden.

Die zwei Stilrichtungen „beschreiben polare Lichtstimmungen, in denen das Licht entweder besonders reichlich oder eher sparsam eingesetzt wird.“

3.3.1 Low-Key

Low-Key beschreibt eine Szenenausleuchtung, die durch eine stark ausgeprägte harte Beleuchtung mit vorherrschenden, großen, dunklen Flächenanteilen charakterisiert wird. In dieser Bildkomposition herrschen unbeleuchtete Bildteile und Schatten. Um das „Dunkle und Schwarze“ besser zu betonen, werden im Bild besonders helle Gegenlichter eingesetzt, die einige sehr wenige Bildstellen oder Motivteile maximal ausleuchten. Wichtig ist, dass in den Schattenpartien noch erkennbare Konturen und Motive vorhanden sind. Das einzige was manchmal wirklich dunkel sein darf, ist der Hintergrund. Eine Low-Key Szene wird mit schwachem Licht partiell ausgeleuchtet.

3.3.2 High-Key

Im Gegensatz zum Low-Key, wird hier die Szene weitgehend schattenfrei ausgeleuchtet. Die Helligkeit ist sehr dominant, und dunkle Bildbereiche nur sehr rar. Auch hier wird mit Kontrasten gearbeitet. Einpaar einsame dunkle Details werden eingesetzt um die Helligkeit zu unterstreichen. Für die Beleuchtung einer solchen Szene werden viele ziemlich helle Lichter eingesetzt. Um diese starke Helligkeit in der Szene zu erreichen kann man die Helligkeit des Fülllichts an die des Schlüssellichts annähern, und

²⁶Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 153

die Umgebung des Motivs, das heißt, den Boden und den Hintergrund, mit einer hellen Textur belegen.

„So wirken Low-Key-„Aufnahmen“ typischerweise spannungsgeladen, schwer und dramatisch. Durch die starken Kontraste zwischen hell und dunkel entsteht Spannung. Lichtstimmungen mit High-Key-Tendenz wirken hingegen leicht, unbekümmert, beschwingt, offen und optimistisch. Eine Differenzierung der Objekte erfolgt bei High-Key-Stimmung weniger. Die Objekte sehen gleichwertig, austauschbar aus. Es fehlt eine durch Kontraste vermittelte Spannung. Es fehlt die „Beschreibung durch das Licht“ – das Licht charakterisiert nicht mehr. Auf die High-Key-Stimmung treffen prinzipiell auch die unter „Umgebungslicht“ gemachten Aussagen zu. Da die helle, weiche Beleuchtung in der Regel zu reduzierten Kontrasten führt, verliert das Bild an Räumlichkeit.“²⁷

Zwischen diesen zwei extremen Lichtstimmungen liegt die Normalstimmung. Die Lichtstimmung wird vorwiegend durch den Beleuchtungsunterschied zwischen Schlüssellicht und Fülllicht gemessen. Bei einer Normallichtstimmung liegt die Spannung zwischen Schlüssellicht und Fülllicht im Bereich von 1:3, bei einer Low-Key-Szene bei 1:9 und bei einer High-Key-Stimmung bei 1:2.

Mit den Kenntnissen über diese Extremstimmungen, mit ihren Aussagen und Auswirkungen kann nun der 3D-Computergrafiker bewusst und mit Vorsatz entscheiden, inwieweit er eine dieser Extremstimmungen in sein Bild mit einbezieht um die gewünschte Bildaussage zu festigen.

3.4 Warum Licht von links oben?

Das Schlüssellicht verrät nicht nur aus welcher Richtung das Licht in der Szene einfällt, sondern bestimmt auch die Richtung der Schatten. Es ist fast selbstverständlich, dass das Schlüssellicht von oben kommt und vor allem von rechts. Man sollte glauben dass die Entscheidung über die Position des Lichtes allein beim Künstler liegt, ohne jegliche Bindung an Gestaltungsschemata. Die bildende Kunst beweist aber, dass wir uns irren.

Betrachtet man viele Bilder von einigen der berühmtesten Maler wie Leonardo da Vinci, Albrecht Dürer, Caravaggio und Rembrandt, so kann man erkennen, dass alle diese alten Meister das von oben links einfallende Licht bevorzugt angewendet haben.

Diese Methode des Lichts von links oben ist auch bei allen anderen berühmten Künstler überwiegend zu finden. Obwohl diese Erscheinung bei den Impressionisten in ihrer Bedeutung abnimmt, so bleibt dennoch eine stark erkennbare Tendenz. Dieses Licht von links oben findet man, und das nicht gerade selten, auch in anderen grafischen

²⁷ Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 162

Bereichen, wie Typografie, Kartografie und 2D-Grafik. Somit scheint es, dass wir eine gewisse Sehvorliebe haben.

Die beste Erklärung dafür, meines Erachtens nach, hängt mit der bevorzugten Blickrichtung von links nach rechts zusammen. Es ist erwiesen, dass wir beispielsweise bei der Betrachtung eines einfachen Körpers, unser Blick von links nach rechts über das Motiv wandert. Erst nachdem die Augen an der rechten Außenkante des Motivs angelangt sind, nehmen sie sich Zeit, den Schatten auf den Boden genauer zu betrachten. In dem Fall, dass sich der Schatten auf der rechten Seite befindet, ist es für das Auge angenehm und problemlos, da die Wahrnehmungsreihenfolge der tatsächlichen Rangfolge der Bildelemente entspricht. Das Auge kann kontinuierlich über das Motiv und dessen Schatten wandern.

Fällt der Schatten aber auf der linken Seite, so fühlen sich unsere Augen verloren, wenn sie am rechten Rand des Motivs ankommen und ins Leere blicken. Um jetzt den Schatten erfassen zu können müssen die Augen neu fokussieren und einen weiten Rücksprung von der rechten Kante des Motivs nach links zum Beginn des Schattens unternehmen.

„Man darf diesen Sachverhalt jedoch nicht überbewerten. Es wäre falsch – und auf Dauer auch monoton –, wenn nun jede Visualisierung nur mit dem „Licht von links oben“ gestaltet wird. Verstöße gegen dieses Gestaltungsprinzip sollte man vor allem dann in Erwägung ziehen, wenn das Bild keine oder nur geringe Schatten aufweist.“²⁸

Auch in dem Fall eines schwebenden Motivs, bei dem nur Schatten auf der Oberfläche entstehen und für die Bildaufteilung keine Bedeutung haben, kann zum Beispiel ein Licht von rechts das Bild interessanter machen.

3.5 Lichtfärbung bei Tag und Nacht

Durch das Licht kann man in einem Bild oder Animation eine bestimmte Tageszeit vermitteln. Durch den unterschiedlichen Stand der Sonne während des Tages ändert sich die Farbe des Sonnenlichts.

Morgens und abends ist das Sonnenlicht eher rot. Die rötliche Farbe entsteht durch den flachen Winkel der einfallenden Sonnenstrahlen, die um diese Tageszeit einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen. Die Wirkung der Atmosphäre als Filter verstärkt sich durch den langen Weg der Strahlen und der Blauanteil wird dadurch geringer. Dementsprechend müssen die Strahlen mittags den kürzesten Weg durch die Atmosphäre zurücklegen und deshalb ist die Farbe des Sonnenlichts mittags eher blau. Das vorhandene Restlicht abends, nach dem Sonnenuntergang, besitzt auch einen bläulichen Charakter.

²⁸ Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 164

Möchte man nun in seinen Bildern oder Animationen die Tageszeit preisgeben, betonen oder Stimmung erzeugen, so kann man „das Tageslicht“ einfärben. Je rötlicher das Licht, desto später am Abend ist es. Will man hingegen die Dämmerung oder die spätere Dunkelheit simulieren, so sollte die Wahl auf eine blau-graue Beleuchtung fallen. Je später am Abend desto mehr blau-grau sollte im Licht vorhanden sein.

Um die Illusion einer gewissen Tageszeit glaubhaft zu verwirklichen sollte man auch die Schatten in seine Überlegungen einbeziehen.

„Am Morgen, bei aufgehender Sonne, sind die Schatten langgezogen und die Schattenränder weich. Je mehr sich dann die Sonne dem Zenit nähert, desto kürzer werden die Schatten und desto härter werden auch die Schattenkonturen (vorausgesetzt der Himmel ist klar), bis sie schließlich gegen Abend, wenn die Sonne niedergeht, wieder ihre Maximallänge erreichen und die Schattenränder wieder weicher werden.“²⁹

3.6 Referenzlicht

Es ist die Erkenntnis, dass man am besten Dunkelheit in einem Bild zeigt indem man ihr die Helligkeit entgegensetzt und umgekehrt. Man kann also in einem Bild Helligkeit nicht ohne Dunkelheit und Dunkelheit nicht ohne Helligkeit zeigen. Um farbiges Licht, Dunkelheit oder Helligkeit im Bild zu vermitteln, muss man dem, einen Kontrast oder eine Referenz entgegensetzen.

Das „weiße Licht“ nimmt eine besondere Stellung ein. Wenn man beispielsweise einen Raum rot ausleuchten möchte und man dafür nur rötliches Licht benutzt so fehlen dem Auge wichtige Kontrastpunkte.

“Man benötigt zusätzlich ein weißes Referenzlicht in diesem Raum, mit dem man weiße Lichtreflexe auf Objektoberflächen entstehen lassen kann oder weiße Objekte anleuchten kann. Die dadurch entstehenden weißen Bildstellen dienen dem menschlichen Wahrnehmungsapparat als Referenz, anhand der die Intensität des Rots bestimmbar wird. Erst durch das Weiß wird das Rot im Bild spürbar. Ohne weiße Bildstellen bietet sich dem Auge keine Vergleichsmöglichkeit – der Beleuchtungseindruck im Bild würde buchstäblich ‚zusammenfallen‘. Weiß ist für das Auge stets eine wichtige Orientierungshilfe, um den Farbeindruck bzw. die Empfindung für die Farbintensität zu festigen.“³⁰

Die Einbettung des Referenzlichtes in der Szene darf aber nicht willkürlich geschehen. Eine Methode wäre zu zeigen, woher das Referenzlicht kommt: Dazu eignet sich das

²⁹ Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 165

³⁰ Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 166

Licht von Straßen- und Fassadenbeleuchtungen ganz gut. Die Lichtquelle und dessen Licht erstrahlt dann in kräftigem weiß.

Eine andere Möglichkeit ergibt sich, wenn man zum Beispiel eine Dämmerungsstimmung im Freien darstellen will. Enthält das Bild auch mindestens ein Gebäude so kann man sehr gut eine warme Beleuchtung des Inneren des Gebäudes simulieren und dabei die Fensterflächen weißlich bis gelb beleuchten.

Ergibt sich aber umgekehrt die Situation der Darstellung einer Innenarchitekturvisualisierung, dann kann man mit einer sogenannten Mischlichtstimmung arbeiten. Das heißt die Lichtquellen im Raum oder im Gebäude beleuchten die Szenerie mit gelbes, warmes Licht. Durch die Fenster aber scheint von außen blaues, kaltes Licht und auch das Umgebungslicht erhält die gleiche blaue Farbe. Zwischen dem kalten und warmen Licht entsteht im Bild ein anmutiger Kontrast, der Spannung erzeugt und die Szene interessanter macht. Das gelbe Licht ist in diesem Fall das Referenzlicht. Da gelb und blau Komplementärfarben sind steigern sie gegenseitig ihre Wirkung, so dass man beide Farben intensiver empfindet.

Mischlichtsituationen werden oft gezielt eingesetzt um bestimmte Lichtwirkungen beziehungsweise Bildaussagen hervorzuheben, bei Komplementärfarben Spannung zu erzeugen und das Ganze interessanter wirken zu lassen. Farbige Lichtquellen sind jedoch ein schwieriges Thema. Man sollte oft üben um ein Feingefühl dafür zu entwickeln, denn bei der kleinsten Übertreibung wirkt das Ganze nicht mehr interessant, sondern kitschig.

Zusammenfassend kann man sagen:

„Lichtstimmungen erfordern ein neutrales Referenzlicht. Arbeitet man mit farbigen Lichtquellen, so muss man mit einem weißen Referenzlicht Bezugspunkte setzen. Nachtstimmungen entstehen beispielsweise nicht nur dadurch, dass große Schattenflächen im Bild vorhanden sind, sondern auch durch weiße oder gelbliche ‚virtuelle Kunstlichtquellen‘, die dem kalten blauen Licht der Dunkelheit entgegengesetzt werden. Man also mit einer Art von Helligkeit zeigen, dass es dunkel ist.“³¹

³¹ Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 168

4 Beleuchtung

4.1 Dreipunkt-Beleuchtung

„Obwohl die Anzahl und Art der Lichtquellen und deren individuellen Eigenschaften sich von Szene zu Szene ändern, gibt es eine generelle Vorgehensweise, mit der man bessere Ergebnisse erzielt, als würde man bloß einige Lichtquellen erzeugen und ihre Parameter und Positionen willkürlich definieren.“³²

Die Dreipunkt-Beleuchtung ist ein populäres und attraktives Beleuchtungsschema, dessen Ursprung in Hollywoods Filmbranche liegt. Mit der Dreipunkt-Beleuchtung erzielt man sehr gute Ergebnisse, das Motiv wird mit Licht „modelliert“ und wirkt vollständig dreidimensional. Mit diesem Beleuchtungsschema werden nicht nur kleine Motive, sondern auch Stars „verewigt“.

„Viele Anfänger denken, gute Beleuchtung hat etwas mit Helligkeit zu tun. Sie setzten Helligkeit mit Lichtqualität gleich und halten jede Szene für optimal ausgeleuchtet, solange sie hell genug ist. In Wirklichkeit lassen sich einzelne Aspekte der Objektform nur durch Schatten – also nicht erleuchtete Bereiche – herausarbeiten. Die Beleuchtung in Bild [...] [4.1 oben] ist sicherlich ausreichend hell, aber die Schatten sind nicht stark genug, um die dreidimensionalen Form der Objekte aufzulösen. [...] In Bild [...] [4.1 oben] werden die gleichen Gegenstände wie in Bild [...] [4.1 unten] gezeigt, mit dem Unterschied, dass hier zusätzlich mit Licht gearbeitet wurde. Es ist deutlich erkennbar, dass es sich bei einem Gegenstand um eine Kugel und bei dem anderen Gegenstand um das flache Ende eines Zylinders handelt. Das wäre dem Betrachter von Bild [...] [4.1 oben] niemals aufgefallen.“³³

³² Jon A. Bell: 3D Studio Max R3. Professionelle 3D-Effekte. MITP-Verlag. Bonn 2000, S 48

³³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 43

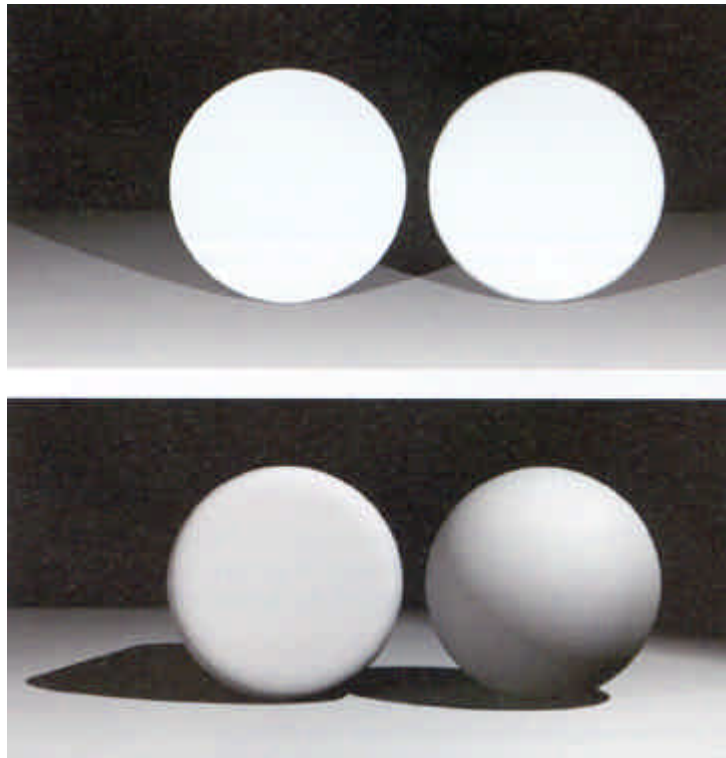


Abb. 4.1³⁴ Ergebnisse unterschiedlicher Beleuchtungen

Dieses flache Aussehen erreicht man, wenn sich das Hauptlicht auf der Kameraachse oder knapp über oder unter ihr befindet. Beispiele³⁵ aus dem realen Leben sind Fotos, die mit Blitzlicht aufgenommen werden oder Filmaufnahmen, bei denen das Licht direkt auf der Kamera montiert ist. In diesen Fällen kann der Effekt des flachen Aussehens leicht entstehen.

Es ist ratsam, allzu gleichmäßige Beleuchtung wie zum Beispiel das Ambient-Light zu vermeiden und das Licht so einzusetzen, dass auf den beleuchteten Objekten subtile Helligkeitsunterschiede erkennbar werden.

³⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 44

³⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 44

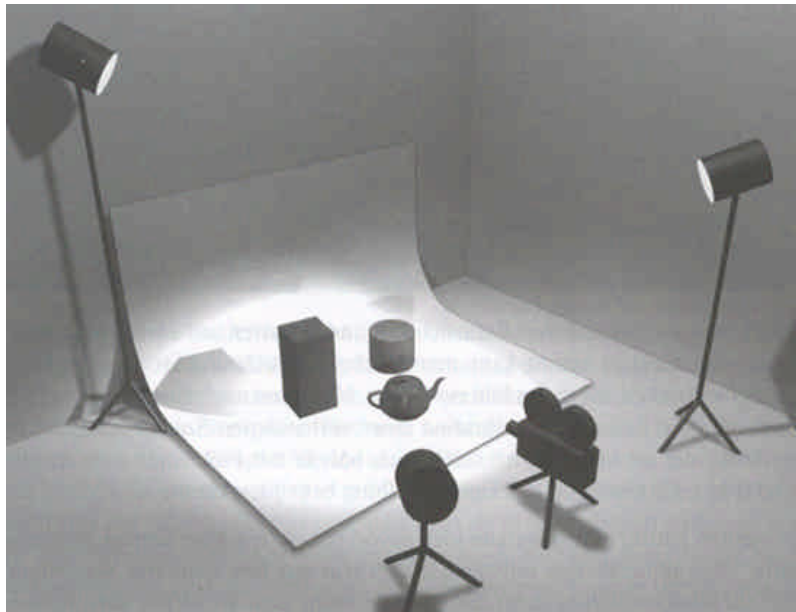


Abb. 4.2³⁶ Veranschaulichung der Dreipunkt-Beleuchtung

4.1.1 Schlüssellicht

Das Schlüssellicht ist das Hauptlicht einer Szene. Es ist das wichtigste und stärkste Licht und sehr entscheidend für die Bildwirkung und den Charakter der Bildstimmung. Das Schlüssellicht ist aber nicht zwangsläufig nur eine Lichtquelle. Vielmehr ist es immer die eigentliche Quelle der Beleuchtung. Das Schlüssellicht legt auch den vorherrschenden Belichtungswinkel der Szene fest.

Die Entscheidung über die Wahl des Winkels ist daher sehr wichtig für die Beleuchtung. Bevor man anfängt, die Lichter in eine Szene zu setzen, sollte man die Position der Kamera festlegen. Der Beleuchtungswinkel ist abhängig von der Kameraposition. Man sollte vermeiden, das Licht zu nah an die Kamera zu positionieren, da sonst das Motiv zu frontal beleuchtet wird und somit flach wirken kann.

„Als gesunden Mittelwert sollten Sie bei der Positionierung des Schlüssellichts immer einen Winkel zwischen 15 und 45 Grad einhalten. Diese Angaben gelten sowohl für die seitliche Verschiebung (links oder rechts) wie auch für den Winkel oberhalb der Kamera. Das Schlüssellicht sollte in jedem Fall zu Beginn der Arbeit an einer Dreipunkt-Beleuchtung eingefügt werden. [...]“

Bei Außenaufnahmen gibt zum Beispiel die gewählte Tageszeit den Beleuchtungswinkel vor. Im Gegensatz dazu orientiert sich der Beleuchtungswinkel bei Innenaufnahmen an Dominanten Lichtquellen, wie Lampen oder Fenstern. Die in diesem Abschnitt empfohlenen Winkel sollen

³⁶ Jon A. Bell: 3D Studio Max R3. Professionelle 3D-Effekte. MITP-Verlag. Bonn 2000, S 48

*nur als Richtlinien dienen. Auf jeden Fall sollten Sie sich immer Ihr eigenes Urteil bilden und die Szene danach gestalten.*³⁷

Wird das Schlüssellicht hinter dem Motiv positioniert, so wird es „Upstage-Schlüssellicht“ genannt, obwohl es sich in einer Position befindet, die eher die Bezeichnung „Gegenlicht“ verdient. Beim Einsatz eines Upstage-Schlüssellichts darf man die Auswirkungen auf die beleuchtete Szene nicht außer vergessen.

Das Schlüssellicht reicht nicht aus, um eine Szene ausreichend zu beleuchten. Es ist eine gute Möglichkeit, das Objekt zu erkennen, aber die Szene ist noch sehr dunkel und die Schatten hart ausgeprägt. Um die Beleuchtung zu verfeinern, die Aussage der Szene zu betonen und die Atmosphäre zu verstärken ist es nötig zusätzliche Lichtquellen einzusetzen.

4.1.2 Fülllicht

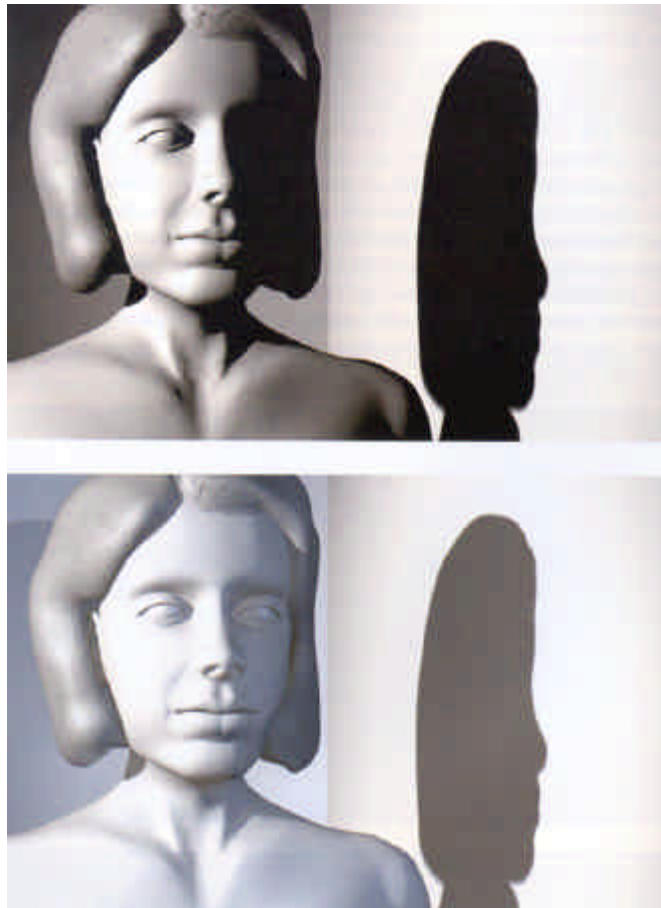


Abb. 4.3³⁸ Die indirekte Beleuchtung erreicht durch das Fülllicht

³⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 53 und 54

³⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 55

Nachdem das Modell, der Kopf, mit einem Schlüssellicht beleuchtet wurde, entstehen sehr dunkle Schattenbereiche. Um diese aufzuhellen wird ein schwaches Fülllicht eingesetzt.

„[...] [Fülllichter] runden meist die dunklen und schattigen Bereiche einer Szene ab. Mag auch das Schlüssellicht die auffälligste Beleuchtung in der Szene sein, so ist es die Aufgabe des [...] [Fülllichts], ihr Räumlichkeit und einen realistischen Eindruck zu vermitteln.“³⁹

Es ist nicht notwendig, die Lage der Lichter genau zu berechnen. Die besten Ergebnisse erzielt man aber, wenn das Fülllicht von der Kameraachse aus gesehen gegenüber vom Schlüssellicht platziert ist. Das bedeutet, dass man bei einer Positionierung des Schlüssellichts auf der linken oberen Seite das Fülllicht rechts unten platzieren sollte. Unter Umständen kann aber das Ganze noch ein wenig verbessern, indem man das Fülllicht der Kamera annähert. Dadurch erreicht man eine Überschneidung von Schlüssel- und Fülllicht, wodurch eine kontinuierliche Schattierung entsteht. Man sollte darauf achten, dass das Fülllicht nicht genau spiegelbildlich zum Schlüssellicht positioniert ist. Dies würde zu unnatürlichen Symmetrien führen, die man vermeiden sollte.

In einer Szene muss nicht zwingend nur ein Fülllicht eingesetzt werden. Es gibt einige Gründe, mehrere Fülllichter in einem Bild zu verwenden. Einige können zum Beispiel reflektiertes Licht verstärken oder nachahmen, andere stammen vielleicht von vorhandenen sekundären Lichtquellen oder sie schwächen beziehungsweise verstärken die Wirkung des Schlüssellichts. In Situationen, bei denen es sich um transparente Objekte handelt, wird kein Fülllicht eingesetzt, da das Schlüssellicht beide Objektseiten beleuchtet. Bilder, bei denen ein starker Kontrast erwünscht ist verzichten auch auf Fülllichter.

4.1.2.1 Verhältnis zwischen Schlüssellicht und Fülllicht

„Die Helligkeit des Fülllichts wirkt sich unmittelbar auf Farbtöne und den Kontrast innerhalb der Szene aus. Ist das Fülllicht zu stark, steht es in Konkurrenz zum Schlüssellicht und lässt einen Gegenstand, wie zum Beispiel in Bild [...] [4.4], zu flach erscheinen. Ist das Fülllicht hingegen zu schwach, bleibt die dunkle Seite des Motivs undefiniert, wie dies im rechten Teil von Bild [...] [4.4] veranschaulicht wird. Es ist also wichtig, die richtige Stärke für das Fülllicht zu ermitteln. Im mittleren Teil von Bild [...] [4.4] ist deutlich erkennbar, dass das Fülllicht zwar schwächer als das Schlüssellicht ist, aber immer noch genügend Helligkeit besitzt, um den Gegenstand angemessen auszuleuchten.“⁴⁰

³⁹ Jon A. Bell: 3D Studio Max R3. Professionelle 3D-Effekte. MITP-Verlag. Bonn 2000, S 50

⁴⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 57



Abb. 4.4⁴¹ Unterschiedliches Verhältnis zwischen Schlüssellicht und Fülllicht

Das Fülllicht hat einen großen Einfluss auf die Lichtstimmung. Es kann die Schattenbereiche je nach Wunsch verhellen und wird somit zu einem „kontrastbildenden Mittel“. Szenen mit weniger Kontrast (das heißt niedrigeres Schlüssellicht/Fülllicht-Verhältnis) haben eine weiche Beleuchtung und sind meistens Szenen, in denen viel indirektes Licht reflektiert wird. Dazu gehören zum Beispiel Innenräume mit hellen oder stark reflektierenden Oberflächen. Man sollte hier stets darauf achten, dass das Fülllicht sich nicht zu sehr der Intensität des Schlüssellichts annähert.

„Ein wichtiges Prinzip der Licht- und Schattengestaltung ist die Forderung nach der ‚eindeutig erkennbaren Lichtrichtung‘. Dieses Prinzip besagt, dass in einer Szene nur eine dominante Lichtquelle vorhanden sein darf. Mit dieser Art von Beleuchtung ist der Mensch seit jeher vertraut, denn das Tageslicht kennt nur eine Lichtquelle – die Sonne.“⁴²

Szenen mit hohem Kontrast (das heißt hohes Schlüssellicht/Fülllicht-Verhältnis) besitzen große Schattenbereiche und wirken dramatisch, düster oder spannend. Nachtszenen und geheimnisvolle, spannende Szenen fallen in diese Kategorie.

„Denken Sie aber nicht, dass eine gewagte und Aufmerksamkeit erregende Beleuchtung immer die bessere Beleuchtung ist, oder dass halbbeleuchtete Motive einem höheren künstlerischen Anspruch gerecht würden. Beleuchtung erfüllt ihren eigentlichen Zweck dann am besten, wenn sie die Wirkung der Szene unaufdringlich verbessert und keine Aufmerksamkeit auf sich zieht. Dadurch würde der Verlauf der Handlung und die Botschaft des Bildes nur unnötig gestört.“⁴³

⁴¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 58

⁴² Ralf Brugger: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995, S 156

⁴³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 61

4.1.3 Gegenlicht

Das Gegenlicht ist ein Relikt aus der Zeit des Schwarzweißfilms. Damals machte das Fehlen der Farbe eine ausführliche Beschäftigung mit der Beleuchtung und deren korrekten Einsatz notwendig. Zu einer guten Beleuchtung gehörte es, den Schauspieler mit der grauen Kleidung vom ebenfalls grauen Hintergrund abzuheben. Dies wurde durch das Gegenlicht realisiert. Auch heute noch wird das Gegenlicht eingesetzt, um ein Motiv vom Hintergrund abzugrenzen und wird als stilistisches Werkzeug angewendet.

Trotzdem sollte man gut überlegen, ob Gegenlicht in der Szene wirklich notwendig ist. Oft ist der Kontrast zwischen Motiv und Hintergrund ausreichend und in anderen Szenen wirkt helles Licht hinter dem Motiv sogar unglaublich.

Der Einsatz von Gegenlicht ist also von der Produktionsmethode und von der Wichtigkeit der Kontrastbildung zwischen Motiv und Hintergrund abhängig.

„Für die Dreipunkt-Beleuchtung gibt es kein fest vorgeschriebenes Rezept, sondern nur eine Reihe Möglichkeiten und Variationen. Lassen Sie sich nicht durch die Vorschläge oder Vorgaben in diesem Kapitel in Ihrer eigenen Experimentierfreudigkeit einschränken.“⁴⁴

4.2 Globale Beleuchtung

Die globale Beleuchtung ist nicht als Standard in jedem 3D-Programm zu finden. Es sind meistens zusätzliche kleine Programme, die diese Berechnung des Lichtes simulieren können. In der Natur endet das Licht nicht, wenn es ein Objekt trifft, sondern wird von dessen Oberfläche reflektiert. Der Strahl pendelt beinahe unendlich zwischen den Oberflächen. Das garantiert, dass Licht auch in den kleinsten Ecken vordringt und es daher kaum Stellen gibt, in denen die Schatten ganz schwarz sind. Aufgrund dieses Effekts reicht manchmal eine winzige Lichtquelle aus, um einen Raum ausreichend und zufriedenstellend zu beleuchten.

Als Beispiel kann man die folgenden Bilder betrachten: Ohne die Verwendung der globalen Beleuchtung wird, wie im ersten Bild zu sehen, nur die Decke und ein Teil der Wand erhellt.

⁴⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 65



Abb. 4.5⁴⁵ Lichteinsatz ohne „Globale Beleuchtung“

Im Gegensatz dazu wird beim zweiten Bild das Licht von der Decke, den Wänden und dem Boden reflektiert und beleuchten so indirekt den gesamten Raum. Die indirekt Beleuchtung ist sehr weich und wenn das Licht von Oberflächen reflektiert wird, übernimmt dieses indirekte Licht die Farbe der Oberfläche. Dies kann man an den Kanten zwischen den Wänden und dem Boden deutlich erkennen.

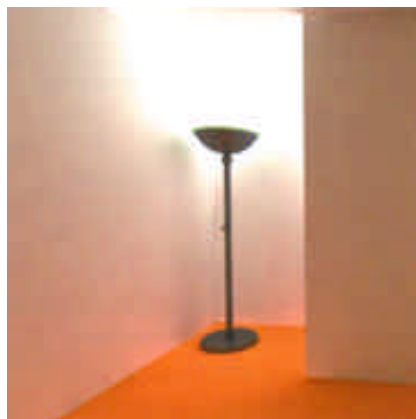


Abb. 4.6⁴⁶ Globale Beleuchtung durch Radiosity

Es gibt verschieden Arten der globalen Beleuchtung: Radiosity, Photon-Mapping und Lichtreflexe (Caustics)

4.2.1 Radiosity

„Radiosity ist eine Möglichkeit zum Rendern von indirektem Licht, bei der sich Licht zwischen Oberflächen durch diffuse Reflexionen ihrer Oberflächenfarbe fortpflanzt.“⁴⁷

⁴⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 239

⁴⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 239

⁴⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 239

Radiosity kann mit einfachen Mitteln simuliert werden. Es werden zusätzliche Fülllichter in der Szene eingesetzt

„Simulierte Radiosity. Begonnen wird mit dem Schlüssellicht der Sonne [...] und einem Fülllicht [...]. Weitere Sprunglichter müssen Licht von unten durch den Boden [...] und durch die Wände [...] werfen, damit indirektes Licht simuliert werden kann.“⁴⁸

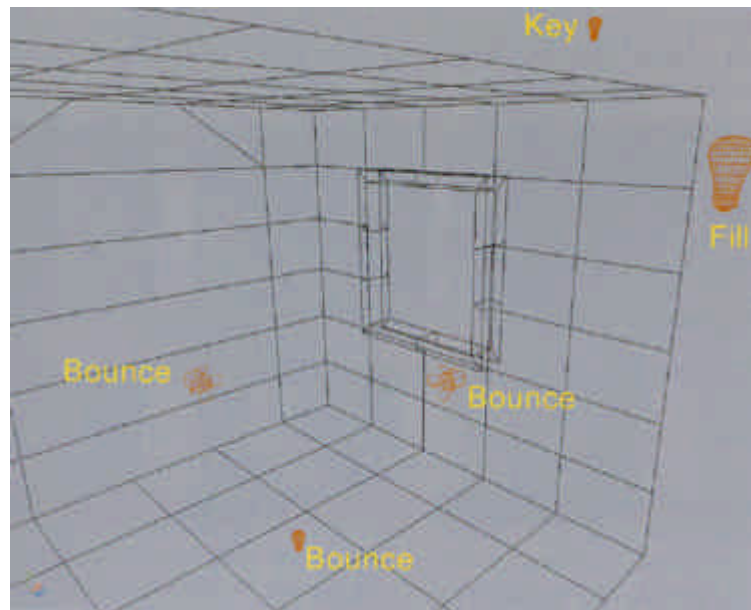


Abb. 4.7⁴⁹ Simulation von Radiosity

4.2.2 Photon-Mapping

„Eine weitere Methode zur Berechnung indirekten Lichts ist das Photon-Mapping. Beim Photon-Mapping können die gleichen Resultate erzielt werden wie beim Radiosity-Mapping. Beim Photon-Mapping wird das Ergebnis der globalen Beleuchtung in einem anderen Datentyp, der Photon-Map, gespeichert. Dabei ist die Auflösung der Photon-Map abhängig von der Auflösung der Geometrie in der Szene.“⁵⁰

⁴⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 244

⁴⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 244

⁵⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 240 und 241

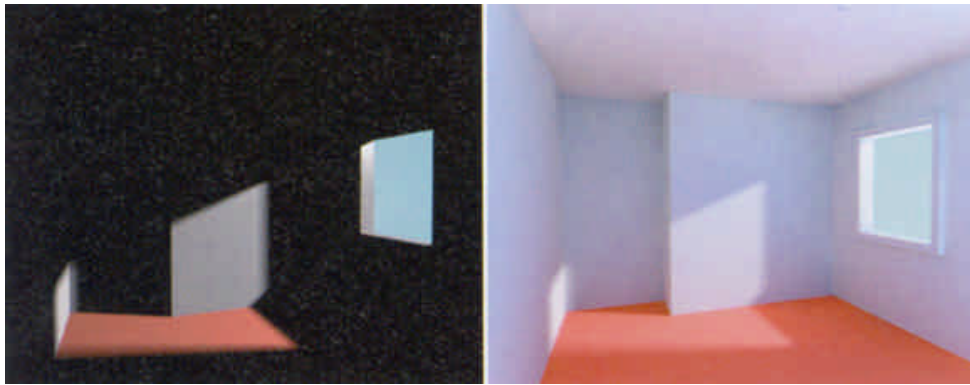


Abb. 4.8⁵¹ Globale Beleuchtung durch Photon-Mapping

4.2.3 Lichtreflexe (Caustics)

„Die Resultate spiegelnder Lichtfortpflanzungen werden im Allgemeinen als Lichtreflexe beziehungsweise Caustics bezeichnet. Lichtreflex-Muster werden sehr häufig bei der Erstellung schimmernder Lichtmuster eingesetzt, die zum Beispiel auf dem Boden und an den Wänden eines Schwimmbeckens [...]. Eigentlich umfassen Lichtreflexe ein weiteres Feld an Effekten, als nur beim schimmernden Licht auf Wasser.“⁵²



Abb. 4.9⁵³ Lichtreflexe vom Wasser

⁵¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 241

⁵² Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 242

⁵³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 242



Abb. 4.10⁵⁴ Lichtreflexe vom Spiele und der Vase

⁵⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 243

5 Licht und seine Merkmale

„Was unterscheidet Licht?

Verschiedene Lichtquellen, wie die Sonne und der Mond, Lampen und Feuer, verleihen einer Szene ein einzigartiges, unverwechselbares Aussehen. All diese Lichtquellen zeichnen verschiedene Merkmale aus.“⁵⁵

5.1 Eigenschaften des Lichts

Von den unzähligen Merkmalen, die das Licht besitzt, sind fünf wichtig, um uns einen Überblick über die Eigenschaften von realem Licht zu schaffen. Diese fünf Merkmale sind Weichheit, Intensität, Farbe, Lichtmuster und Animation (Bewegung). Die Beobachtung des realen Lichtes anhand dieser fünf Gesichtspunkte und der davon gewonnene Überblick hilft bei der Simulation des Lichtes in einer dreidimensionalen, computergenerierten Szene.

„Eine gelungene Wiedergabe der Lichtmerkmale kann in einer Szene das charakteristische Aussehen echten Lichts vermitteln.“⁵⁶

5.1.1 Weichheit

Die Weichheit des Lichtes ist ein wichtiges Merkmal, das aber in der Computergrafik schwierig umzusetzen ist. In 3D-Programmen lässt sich weiches und hartes Licht realisieren.

5.1.1.1 Hartes Licht

Die meisten Lichtquellen aus 3D-Programmen erzeugen hartes Licht. Die Auswirkungen des harten Lichtes kann man im Bild 5.1 erkennen. Die Szene wird durch ein normales Spotlicht mit Raytrace-Schatten beleuchtet, wodurch die Grenzen zwischen hellen und dunklen Bereichen deutlicher und schärfer werden und die hell fokussierten Glanzlichter auf den Objekten zu sehen sind. Hartes Licht wird von einer sehr kleinen Lichtquelle ausgestrahlt, ist scharf eingestellt und bewirkt kleine, helle Glanzlichter sowie scharfe Ränder an den geworfenen Schatten.

⁵⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 95

⁵⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 95



Abb. 5.1⁵⁷ Beleuchtung mit hartem Licht

5.1.1.2 Weiches Licht

Weiches Licht am Computer darzustellen ist ein schwierigeres Unterfangen als die Erstellung von hartem Licht, obwohl es in der Natur genauso oft vorkommt. Weiches Licht entsteht dadurch, dass es zerstreut und ausgebreitet wird. Nachvollziehen kann man das, wenn man an das Licht einer Glühbirne denkt, das durch den Lampenschirm scheint und dadurch weicher wird. Auch das Sonnenlicht das durch die Wolkendecke dringen muss wird zerstreut und damit weicher. Typisch für weiches Licht sind die diffusen, weichkantigen Schatten und die weniger fokussierten Glanzlichtern auf den Objektoberflächen. Das Bild 5.2 wird durch ein Bereichslicht beleuchtet, das weiches Licht ausstrahlt.



Abb. 5.2⁵⁸ Beleuchtung mit einem Bereichslicht

⁵⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 96

⁵⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 97

5.1.1.2.1 Berechnung von weichem Licht

Sowohl das normale Punktlicht als auch das Spotlicht gehören zu den Lichtquellen, die ihren Ursprung in einem infinitesimal Punkt im Raum haben. Das hat zur Folge, dass bei solchen Lichttypen das Licht nicht gestreut wird und hartes Licht entsteht. Obwohl das harte Licht in der Computergrafik einfacher zu simulieren ist, gibt es viele verschiedene Möglichkeiten auch weiches Licht zu simulieren.

5.1.1.2.1.1 Bereichslicht

Das Bereichslicht ist eine der effektivsten Techniken bei der Erstellung von weichem Licht. Es verkörpert eine natürliche Lichtquelle, die zerstreutes, weiches Licht ausstrahlt. Das Bereichslicht hat seinen Ursprung nicht in einem Punkt, sondern in einem Bereich, wodurch zerstreutes Licht besser simuliert werden kann. Bild 5.3 macht den Zusammenhang zwischen der Größe des Bereichslichtes und der Weichheit der Schatten und des Lichtes deutlich.

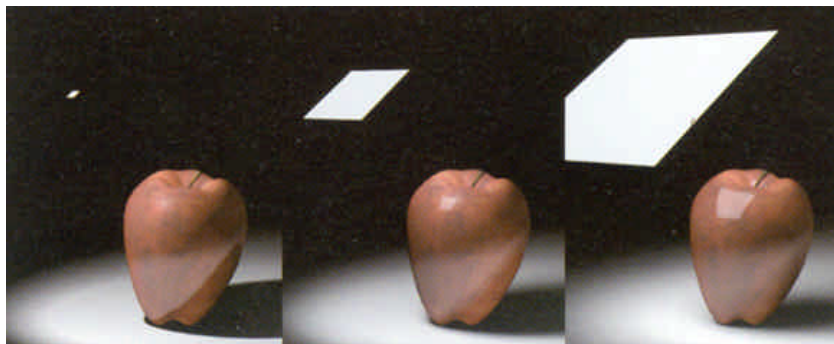


Abb. 5.3⁵⁹ Unterschiedlich große Bereichslichter zum Vergleich

Obwohl das Bereichslicht so gute und vielversprechende Ergebnisse erzielen kann, wird es dennoch in der Praxis selten eingesetzt. Dies liegt an den langen Renderzeiten bei der Berechnung der geworfenen Schatten.

5.1.1.2.1.2 Bereichslicht nachahmen

Falls das benutzte 3D-Programm keine Bereichslichter zur Verfügung stellt, kann man diese folgendermaßen simulieren:⁶⁰

1. Beleuchtung des Motivs mit einem einzelnen Spotlicht.
2. Für ein besseres Ergebnis ist es nötig, Schatten-Maps⁶¹ mit weichen Rändern einzusetzen. In dem folgenden Bild kann man zwar noch keine Ähnlichkeit mit

⁵⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 98

⁶⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 99

⁶¹ Der Renderer erzeugt bei seinen ersten Renderdurchgang ein Bitmap der Szene. Dieses Bild bezeichnet man als Schatten-Map. Die Schattenränder sind weicher und das Bild wird schneller gerendert (berechnet) als Raytrace-Schatten.

der Beleuchtung durch ein Bereichslicht erkennen, die Schatten sind nun aber nicht mehr ganz so scharf.

3. Jetzt wird die Helligkeit beziehungsweise der Multiplikator des Lichts auf ungefähr 20 Prozent des Ausgangswertes reduziert.
4. Es werden vier Kopien des Lichts mit exakt den gleichen Einstellungen benötigt. Die kopierten Bilder müssen jetzt, wie in Bild 5.4 zu sehen, ein wenig auseinandergezogen werden.

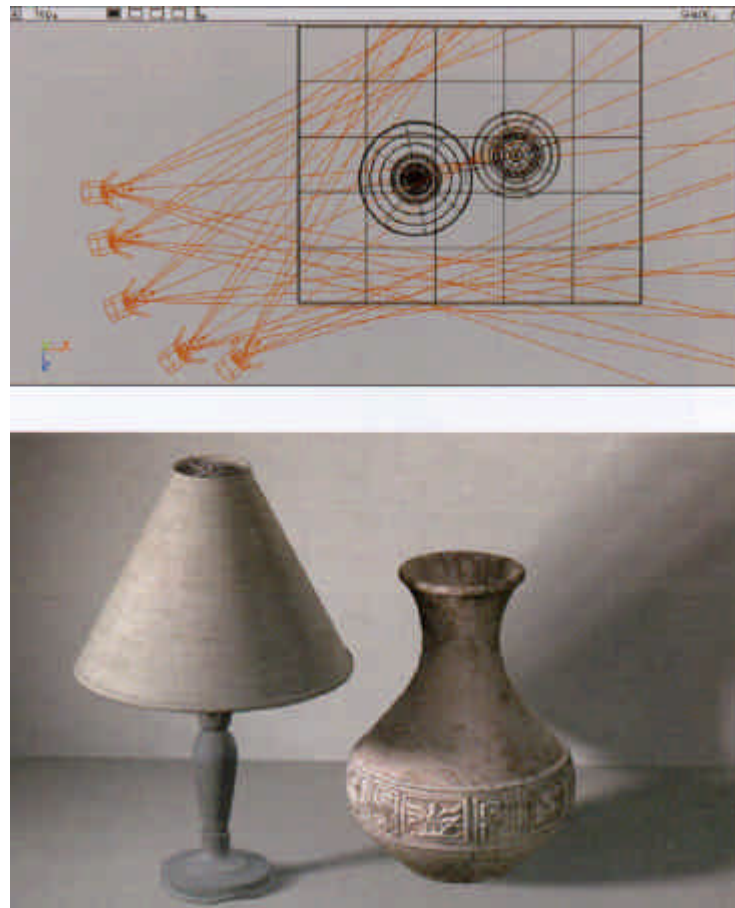


Abb. 5.4⁶² Simulation von Bereichslicht

5. Das gerenderte Ergebnis, Bild 5.4 ähnelt in der Wirkung einem Bereichslicht, wobei diesmal die Szene wesentlich schneller berechnet werden kann.

Durch die Erweiterung der schon bestehenden Reihe mit zusätzlichen Lichtern werden die Schatten weicher und die Renderzeiten länger. Genau wie beim Bereichslicht ist hier zu beobachten, dass die Schatten weicher werden, je weiter sie vom Objekt entfernt sind. Am Fuß der Lampe sind die Schatten noch sehr fokussiert. Im Gegensatz dazu sind die Schatten an der Wand ziemlich diffus.

⁶² Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 100

5.1.1.2.2 Weiche Beleuchtung versus harte Beleuchtung

Es gibt auch weitere Parameter, um weiches Licht zu erzeugen. Man kann folgende Ratschläge befolgen, um verschiedene sichtbare Eigenschaften weicher Beleuchtung zu simulieren:⁶³

- Man sollte helle, weniger scharfkantige Glanzlichter einsetzen und dichte, spiegelnde vermeiden.
- Man sollte darauf achten, dass durch sehr weiches Licht wie zum Beispiel beim reflektierten Licht keine spiegelnden Glanzlichter entstehen. Oft kann man in den 3D-Programmen für einzelne Lichter spiegelnde Glanzlichter deaktivieren.
- Die Schlüssellicht-Beleuchtung muss durch Fülllichter ergänzt werden und das Schlüssellicht darf nicht abrupt und scharfkantig an einem Rand enden.
- Hartkantige Schatten müssen vermieden werden. Falls kein Bereichslicht oder weicher Raytrace-Schatten verfügbar ist, sollte man Schatten-Maps mit einem Spotlicht einsetzen.
- Am Rand des Lichtkegels sollte ein Lichtverlauf entstehen. Diesen kann man im Falloff-Bereich des Spotlights einstellen. Die Einstellungen im Falloff-Bereich des Spotlights müssen am Rand des Kegels einen weichen Lichtverlauf hervorrufen.

„Bis heute verwendet man in Filmen computergeneriertes Bildmaterial das ohne Raytracing, Radiosity oder Bereichslicht entwickelt wurde. Viel häufiger greift man auf Spotlichter und Schatten-Maps zurück. Als Teil des gesamten Beleuchtungsentwurfs haben simple, effiziente und gut zu kontrollierende Werkzeuge nicht zwangsläufig einen negativen Einfluss auf den Gesamteindruck Ihrer Arbeit. Sie sollten jede Funktion nutzen, die Sie beim effektiven (Test-) Rendern unterstützt. Auf diese Weise lassen sich ehrgeizige Projekte angehen, ohne dass Sie Ihr System oder sich selbst mit unnötig aufwendigen Rendertechniken belasten.“⁶⁴

5.1.1.3 Einsatzgebiete für weiches und hartes Licht

„Da beide Formen des Lichts, also hartes und weiches Licht, in der Natur vorkommen, sollten Sie lernen, eine kleine Menge an Weichheit in jeden Lichtentwurf einfließen zu lassen.“⁶⁵

In manchen Situationen wird ausdrücklich hartes Licht verwendet.⁶⁶

⁶³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 100 und 101

⁶⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 102

⁶⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 96

⁶⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 96 bis 97

- Bei der Beleuchtung einer Szene mit einer kleinen, konzentrierten Lichtquelle, wie zum Beispiel einer Glühbirne die in der Mitte des Raumes hängt.
- Beim Simulieren von wolkenlosem Himmel und direkter Sonneneinstrahlung.
- Bei der Beleuchtung von Weltraumszenen. Hier erreicht das Licht die Objekte ohne die Beeinflussung der Atmosphäre, was hartes Licht zur Folge hat.
- Bei dem Ziel, die Aufmerksamkeit des Betrachters auf eine künstliche Lichtquelle zu lenken, wie zum Beispiel ein Schweinwerfer, der auf einen Zirkusartisten ausgerichtet ist.
- Für Schatten mit klar definierten Formen. Der Einsatz erfolgt zum Beispiel, wenn das Publikum den Schurken schon in dem Augenblick erkennen soll, sobald sein markanter Schatten an die Wand geworfen wird.
- Zur Beleuchtung einer Szene mit einer unwirtlichen Atmosphäre und bewirkt ein unbehagliches Gefühl bei den Betrachtern.

Andere Situationen verlangen nach weichem Licht:⁶⁷

- Bei natürlichem Licht an bewölkten Tagen, an denen keine deutlichen und scharfen Schatten erzeugt werden.
- Bei indirektem Licht, das von der Umgebung, den Wänden oder Decken reflektiert wird. Indirektes Licht ist sehr weich.
- Bei der Simulation von Licht, das durch lichtdurchlässiges Material, wie einen Vorhang oder einen Lampenschirm scheint.
- Wenn eine Umgebung gemütlich, einladend und freundlich wirken soll. Weiches Licht führt dazu, dass die ausgeleuchteten Objekte natürlich und organisch wirken.
- Bei schönen Portraitaufnahmen. Viele Nahaufnahmen aus der Werbung und dem Film sind meistens mit weichem Licht ausgeleuchtet.

Wenn Computergrafiken realistisch wirken sollen. Früher wurde bedingt durch die eingeschränkten technischen Möglichkeiten fast immer mit hartem Licht beleuchtet. Dies führte dazu, dass Computergrafiken immer an ihrem harten Licht zu erkennen waren. Mit Hilfe von weichem Licht kann man heute kaum noch den Unterschied zwischen einer realen Szene und einer Computergrafik erkennen.

5.1.2 Intensität

Die Lichtintensität lässt sich durch die Parameter RGB-Farbe, Helligkeit oder Multiplikator einstellen. Manche Programme besitzen die Fähigkeit, die ganze Beleuchtung oder Beleuchtungsgruppen zu überwachen. Das ermöglicht die Veränderung der In-

⁶⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 97 bis 98

tensität bei einzelnen Lichtern oder gleichzeitig bei allen Lichtern mit einer einzigen Einstellung.

Im Gegensatz zum Film wirkt sich bei Computergrafiken die Lichtintensität direkt auf die Helligkeit der endgültigen Szene aus.

„Da sich die Wirkung des Lichts in jeder anders belichteten Szene unterscheidet, müssen oft am selben Lichttyp Veränderungen der Intensität vorgenommen werden. Haben Sie zum Beispiel eine Szene entworfen, die nur durch eine Lampe – wie in Bild [...]5.5] – beleuchtet werden soll, müssen Sie in diesem Fall wahrscheinlich eine ziemlich hohe Intensität einsetzen. Wird die gleiche Lampe durch das Fenster zusätzlich mit Sonnenstrahlen (siehe Bild [...]5.5]) beleuchtet, so muss die Helligkeit der Lampenbeleuchtung entsprechend schwächer werden. Ansonsten würden beide Lichtquellen konkurrieren, was zu einer sehr unrealistischen Darstellung führen würde.“⁶⁸



Abb. 5.5⁶⁹ Unterschiedliche Lichtintensität der Lampe

In der Computergrafik gibt es keine allgemein gültigen Einstellungen für die richtige Beleuchtung einer Szene. Das bedeutet, dass die Lichtintensität einer Szene nicht auf eine andere übertragbar ist. Für jede Szene muss daher die Lichtintensität neu eingestellt und ausprobiert werden, bis man den gewünschten Effekt erzielt.

⁶⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 103 und 104

⁶⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 103

5.1.2.1 Lichtabfall

Man darf nicht vergessen, dass auch die Distanz zwischen Lichtquelle und Motiv Einfluss auf die Intensität des Lichtes hat. In der Natur finden wir das Gesetz, dass die Intensität der Beleuchtung um so mehr abnimmt, je weiter die Lichtquelle vom beleuchteten Objekt entfernt ist. Betrachtet man ein Objekt, das sehr nah an eine Glühbirne gehalten wird, so wird es sehr hell beleuchtet. Je weiter man das Objekt von der Glühbirne entfernt desto mehr nimmt die Helligkeit ab. Nimmt die Lichtintensität ab, so nennt man das „Lichtabfall“ oder „Attenuation“.

Bei dem Lichtabfall in der Natur verringert sich die Lichtintensität invers quadratisch.

„Die Beleuchtung am Objekt ist gleich der ursprünglichen Intensität an der Lichtquelle, geteilt durch das Quadrat der Entfernung“. („Beleuchtung am Objekt = Intensität an der Lichtquelle /Distanz²“)⁷⁰

5.1.2.1.1 Lichtabfall in der Computergrafik

In der Computergrafik kontrolliert man den Lichtabfall mit der Funktion „Falloff“, „Distance Falloff“ oder „Decay“. Für diese Funktion gibt es drei Einstellungsmöglichkeiten: „Inverses Quadrat“, „linearer Lichtabfall“ und „kein Lichtabfall“.

5.1.2.1.1.1 Inverses Quadrat

„Inverses Quadrat“ simuliert den Lichtabfall in der Natur am besten. Trotzdem ist es nicht der bedienerfreundlichste Typ, da es sich in sehr starkem Maße verändert. Es entstehen in der Nähe der Lichtquelle sehr helle Punkte (sogenannte Hotspots) findet man weiter entfernt schlecht ausgeleuchtete Bereiche.



Abb. 5.6⁷¹ Invers quadratischer Lichtabfall

⁷⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 104

⁷¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 105

Aus der Formel des inversen Quadrates kann man herauslesen, dass beim Aussenden von Licht der Wert Null theoretisch nicht erreicht werden kann. Das bedeutet, dass reale Lichtstrahlen nie enden, obwohl sie ab einem gewissen Wert nicht mehr sichtbar sind. Die Berechnung dieser Beleuchtung bis in die kleinste Ecken der Szene bringt einen sehr hohen Rechenaufwand mit sich. Das inverse Quadrat ist daher nicht die übliche Lichtabfall-Methode. Die genannten Gründe halten die meisten 3D-Computergrafiker davon ab „Inverses Quadrat“ zu benutzen.

5.1.2.1.1.2 Linearer Lichtabfall

Die Formel des linearen Lichtabfalls lautet:

„Luminanz = Helligkeit an der Lichtquelle / Entfernung“⁷²

Im Gegensatz zum inversen Quadrat endet der Lichtstrahl beim linearen Lichtabfall nach einer frei wählbaren Distanz. Dadurch verliert der Lichtstrahl von der Quelle bis zu seinem Ziel gleichmäßig seine Intensität bis zum Wert Null. Die Einstellung von Anfangs- und Endpunkt des Lichtabfalls ermöglicht eine gute Kontrolle über die Ergebnisse.

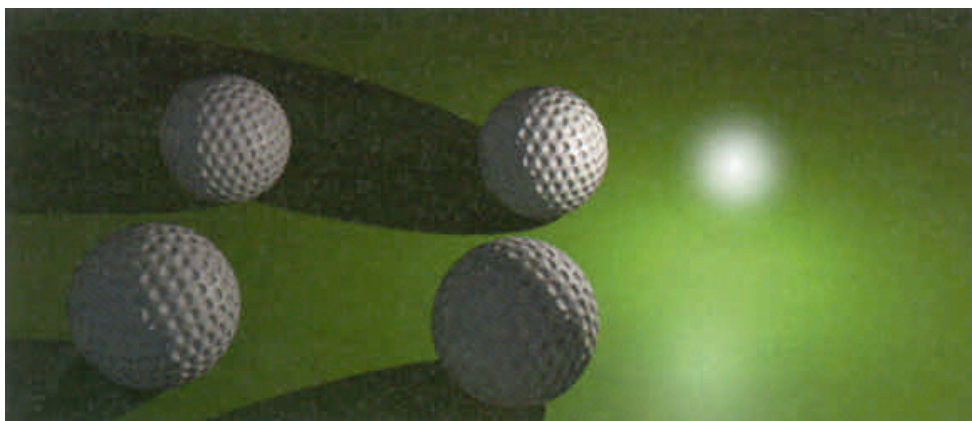


Abb. 5.7⁷³ Linearer Lichtabfall

5.1.2.1.1.3 Kein Lichtabfall

Man kann in einer Szene auch Lichter ohne Lichtabfall verwenden. In diesem Fall werden alle beleuchteten Objekte mit der gleichen Lichtintensität erhellt, unabhängig von der Entfernung des Objekts zu der Lichtquelle. Obwohl diese Einstellung sehr bequem ist, wirkt das Ergebnis nicht so überzeugend wie beim Einsatz von Lichtabfall.

⁷² István Velsz: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley. München 2000, S 241

⁷³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 105

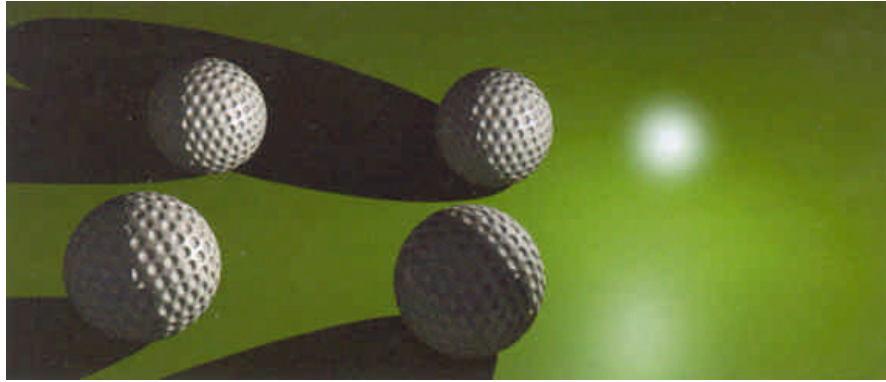


Abb. 5.8⁷⁴ Kein Lichtabfall

In der Abbildung 5.8 sieht man ganz deutlich die Auswirkungen ohne Lichtabfall: Alle vier Bälle werden gleich hell beleuchtet, unabhängig von ihrer Entfernung zur Lichtquelle. Helligkeitsunterschiede und Schattierungen treten auch ohne Lichtabfall auf, weil das Licht durch die Schatten beschränkt wird. Auffällig ist auch, dass der Boden an der Stelle direkt unter dem Licht am hellsten „leuchtet“. Diese Tatsache hängt mit dem eingesetzten Winkel zusammen und nicht mit der Entfernung. Der Winkel zwischen Oberfläche und dem einfallenden Licht beeinflusst die Oberflächenhelligkeit.

Doch auch hier gibt es Szenen, in denen man ohne Lichtabfall arbeiten kann und trotzdem ein sehr realistisches Ergebnis erzielt. Diese Sonderfälle sind Szenen, bei denen das Licht direktes Sonnenlicht simuliert. Sonnenlicht ist eine Ausnahme, da es schon Millionen von Kilometern unterwegs war. Daher ist der Lichtabfall auf den letzten Metern kaum zu messen und somit vernachlässigbar. Deshalb ist für das Sonnenlicht „kein Lichtabfall“ die beste Wahl.

5.1.2.2 Erhaltung von Licht

„In der Natur erzeugt eine Lichtquelle eine endliche Menge an Licht, unabhängig davon wie sehr das Licht zerstreut oder konzentriert ist. So kann zum Beispiel ein Scheinwerfer dermaßen eingestellt werden, dass er entweder einen dünnen oder einen breiten Strahl produziert. Da es sich aber immer noch um die gleiche Menge an ausgestrahltem Licht handelt, wäre der dünne Strahl wesentlich heller als der breite. Die Erhaltung des Lichts ist deshalb auch in erster Linie für den Lichtabfall verantwortlich.“⁷⁵

Es gibt noch einen anderen Faktor, der Einfluss auf die Lichtintensität hat: Eine Lichtquelle beleuchtet immer eine gewisse Fläche (Lichtkegel). Die Energie beziehungsweise die Leuchtkraft der Lichtquelle verteilt sich gleichmäßig auf die vom Lichtkegel getroffene Fläche. Je weiter entfernt sich die Lichtquelle von der beleuchteten Fläche

⁷⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 106

⁷⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 107

befindet, desto größer ist der Lichtkegel. Daher verteilt sich bei einer weiteren Entfernung die gleiche Leuchtkraft auf eine größere Fläche, die dann nicht mehr so hell beleuchtet wird.

„Da der Lichtkegel mit zunehmender Entfernung größer wird, sinkt der Prozentsatz des Lichts, der auf ein Objekt trifft, um den Wert „Breite mal Höhe“ des Kegels. Da es sich um eine konzentrische Ausbreitung handelt, ergibt sich daraus der Wert „Distanz²“ in der Formel für den Lichtabfall.“⁷⁶

5.1.3 Farbe

In der realen Welt lassen sich viele Lichtquellen durch ihre unterschiedlichen Farben unterscheiden. Das Licht der Glühbirne ist leicht gelblich beziehungsweise orange, Tageslicht dagegen besitzt einen bläulichen Ton. Setzt man diese Lichtfarben entsprechend in einer Szene ein, erreicht man einen hohen Grad an Natürlichkeit.

Die Farbe ist eine wichtige Eigenschaft des Lichts und wird vom Menschen meist unterbewusst wahrgenommen, analysiert und gespeichert. Befindet sich der Betrachter in einer Situation, in der er die Lichtquelle nicht direkt erkennen kann, zieht er Rückschlüsse über den Ursprung des Lichts aufgrund deren Farbe. In dem Bild des U-Bahnschachts kann man auf der rechten Seite eine Öffnung erkennen. Obwohl es nicht sichtbar ist, wohin die Öffnung führt, ist man sich fast sicher, dass es hier nach draußen geht. Das liegt an der bläulichen Farbe, die das Tageslicht simuliert.

Auch wenn in einer Szene nur eine Lichtquelle vorkommt, können verschiedene Farbtöne entstehen. Dieser Effekt wird durch die Reflektionen verschiedener Oberflächen erzeugt. Ein roter Boden, der vom Tageslicht angestrahlt wird, strahlt seinerseits einen rötlichen Farbton ab. Deshalb ist es ratsam, in Szenen mehrere Lichtfarben zu verwenden.

„Farbe ist aber mehr als nur ein weiteres Merkmal des Lichts. Durch Farbe lässt sich die Stimmung oder die Bedeutung eines Bildes verändern. Ein großer Teil der Gedanken eines Künstlers fließt in den Entwurf von Farben und Farbschemata ein.“⁷⁷

„Bei dem Spiel mit den Gefühlen und den Empfindungen des Betrachters gibt es nur wenige Werkzeuge, die effektiver sind als der intelligente Einsatz von Farbe.“⁷⁸

⁷⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 107

⁷⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 109

⁷⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 119

5.1.4 Lichtmuster

„Nur wenige Lichter beleuchten ein Objekt gleichmäßig. Normalerweise besitzt jede Beleuchtung eine eigene Form oder Muster. Die Lichtverteilung beschreibt, wie Licht fällt und Muster bildet oder geformt wird.“⁷⁹

Die Lichtverteilung der Lichtquelle wird schon mit den üblichen Veränderungen beim Ausrichten oder beim Einstellen von Weite und Weichheit des Lichtkegels von Spotlichtern verändert. Doch die Programme bieten auch Möglichkeiten zur komplexen Lichtverteilung.

5.1.4.1 „Lichtmuster erzeugen“

Eine in der Computergrafik beliebte Möglichkeit Lichtmuster zu erstellen ist Texturen (Schwarz-/Weißbilder) in das Licht zu integrieren. Diese Option findet man bei den Lichtparametern und heißt „Projektor“ oder „Projektionsbild“. Ein Spotlicht kann dadurch in eine Art Diaprojektor verwandelt werden, der ein gewünschtes Bild in die Szene als Schatten werfen kann. In der folgenden Abbildung wurde das Bild 5.9 als Textur für den Schatten eingesetzt. Es sieht dann so aus, als ob Licht durch die Krone eines Baums scheinen würde. Die Texturen, die als Schatten in die Szene projiziert werden, müssen ein Schwarz-/Weißbild sein. Durch die schwarzen Bereiche der Texturen fällt kein Licht und die hellen sind lichtdurchlässig. Diese Möglichkeit Lichtmuster zu erzeugen eröffnen den 3D-Computergrafikern unzählige Chancen fantasievolle Lichtmuster zu kreieren.

⁷⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 109



Abb. 5.9⁸⁰ Das untere Bild wurde im oberen als Schatten eingesetzt

5.1.4.2 Gobos und Cookies

Gobos und Cookies kommen aus der Filmbranche. Sie sind Scheiben aus Holz oder Metall, die Lichtmuster entstehen lassen.

Cookies werden vor dem Licht platziert und haben einfache geometrische Formen. Manche beeinflussen die Form des Lichtstrahls, andere lassen Lichtmuster entstehen, indem sie das Licht verteilen.

Gobos sind das gleiche wie Cookies nur größer. Sie stehen nicht direkt vor dem Licht, sondern werden auf eigenen Gestellen platziert und dann gezielt zwischen der Lichtquelle und dem Motiv eingesetzt um das Licht zu beeinflussen und Schatten zu werfen. In der 3D-Computergrafik gilt jedes Objekt in einer Szene, das zwischen Licht und Motiv eingesetzt wird als eine spezielle Art von Cookie.

„Der Cookie verändert das geworfene Lichtmuster in Abhängigkeit von seiner Form und seinen Transparenzeigenschaften. Farbige transparente Oberflächen können Licht filtern und verändern. So kann durch ein Cookie der Eindruck vermittelt werden, dass beispielsweise Sonnenlicht

⁸⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 110

durch Blätter fällt und dabei charakteristische Eigenschaften (gesprenkelt und grünlich) annimmt.“⁸¹

Um den Effekt eines durch ein Fenster scheinenden Lichts zu erzielen stellt man Licht mit Raytrace-Schatten⁸² dar. Das Licht scheint dann durch transparente Maps und nimmt deren Farbe und Muster als Teil seines eigenen Lichtmusters auf. Beim Einsatz mit transparenten Flächen sind Schatten-Maps nicht geeignet, da keine brauchbaren Schatten geworfen werden. Bei den massiven Gegenständen verhält sich das anders. Diese lassen auch bei Schatten-Maps Lichtmuster entstehen. Bei einem Lattenzaun zum Beispiel wird das Licht gebrochen und es entsteht ein gestreiftes Lichtmuster auf dem Boden.

„Unterschiedliche Lichtmuster verändern die Erscheinung von Objekten und die Atmosphäre einer Szene“⁸³

Lichtmuster sind ein gutes Mittel um die Natürlichkeit einer Szene zu verstärken. Wenn wir in der realen Welt nach Lichtmustern suchen, werden wir sehr viele und sehr unterschiedliche Lichtmuster entdecken. Das Imitieren dieser Muster bewirkt eine hohe Natürlichkeit in einer Szene.

5.1.5 Animation des Lichts

„Viele Lichtquellen lassen sich in Animationen anhand ihrer dort verdeutlichten speziellen Merkmale charakterisieren. Sei es die lodernde Flamme einer Kerze oder das pulsieren der Blaulichter auf einem Feuerwehrrwagen. Auch die Bewegung der Sonne hinter den Wolken oder das sich ändernde blaue Glühen eines Fernsehgeräts sind solche Charakteristika, die durch ihre Bewegung auf eine spezielle Lichtquelle zurück-schließen lassen. Die Animation von Licht kann durch verschiedene Vorgänge umgesetzt werden, zum Beispiel durch eine Veränderung von Lichtpositionen und Animationsparametern des Lichts, oder durch die Animation von schattenwerfenden Objekten, die sich vor dem Licht befinden.“⁸⁴

5.1.5.1 Bewegtes Licht

Animiertes Licht bewirkt durch bewegte Veränderung eine gewisse Aufregung und Spannung in der Szene. Bewegte Lichtquellen die uns im Alltag begegnen wären zum Beispiel die Lichter von Fahrzeugen. Zwei weitere Beispiele⁸⁵ für den Effekt von bewegten Lichtern sind:

⁸¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 111

⁸² Sie werden von Renderer (Bildberechnungsprogramme) generiert indem diese den Pfad der Lichtstrahlen nachzeichnen.

⁸³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 112

⁸⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 113

⁸⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 114

- Die suchenden Scheinwerfer eines Hubschraubers, der nachts über einem Gebäude kreist. Die Szene wirkt spannend und eindrucksvoll.
- Der Effekt der Darstellung eines bewegten Fahrzeugs kann zum Beispiel durch Außenlampen noch verstärkt werden.

In der realen Welt findet man unzählige Situationen in denen bewegte Lichter vorkommen. Deshalb gilt auch hier: Beobachten und imitieren. Vernachlässigt man die Animation von Lichtern, büßen die Szenen einen Teil ihrer Natürlichkeit ein.

5.1.5.2 Lichteigenschaften animieren

Licht lässt sich nicht nur durch Bewegung animieren, sondern auch Lichtparameter wie Farbe, Helligkeit und vieles mehr lassen sich verändern.

Oft werden blinkende Lichter oder das Ein- und Ausschalten von Licht simuliert. Diese Effekte entstehen, wenn man die Helligkeit der Lichter zwischen Null und dem maximalen Wert variieren lässt. Man kann aber nicht nur die Helligkeit verändern, sondern auch die Farbe der Lichter.

Manche Situationen verlangen nach einer Veränderung der Farbe von Lichtern. Ein Beispiel wäre bei der Simulation von sinkender Energieversorgung, wenn die Farbe des Lichts auf rot wechselt. Andere Einsatzmöglichkeiten⁸⁶ für die Veränderung des Lichts sind:

- Man möchte das Feuer oder den flackernden Fernseher nachahmen. Erreichen kann man das, indem man das Licht nicht ganz ausmacht und sich die Helligkeit und die Farbe nur leicht verändert. Dadurch vermittelt man dem Betrachter den Eindruck, das Licht würde von einem Feuer oder von einem flackernden Fernseher stammen.
- Ampeln und Warnlichter lassen sich gut durch An- und Abschalten von Lichtern hinter verschiedenen Linsen gut simulieren.

5.1.5.3 Cookies animieren

„Jedes Objekt kann als Cookie eingesetzt werden, um Schatten zu werfen. Auch animierte Objekte lassen sich dazu problemlos verwenden. Ein animiertes Objekt vor einer Lichtquelle erzeugt bewegte Schatten und Lichtmuster, auch wenn das Licht selbst nicht animiert ist. Das Drehen eines Ventilators vor einer Lichtquelle erzeugt in der Szene ein flackerndes Licht, wie im Bild[...]5.10]. Würde sich das Licht unterhalb des Ventilators befinden, so wäre ein ähnlich flackerndes Licht an der Decke sichtbar. Animierte Lichter können in erheblichen Maße die Natürlichkeit und den visuellen Einfluss Ihrer Szene erhöhen.“⁸⁷

⁸⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 115

⁸⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 115



Abb. 5.10 Animation eines Cookies (Ventilator)

Alle erwähnten Lichteigenschaften findet man in der realen Welt wieder. Man sollte als 3D-Computergrafiker die Welt als Vorbild sehen und deshalb beobachten wie die Lichtquellen in ihr sich verändern, sich bewegen, beleuchten und Schatten werfen. Beobachtet man das Licht auf die erwähnten Merkmale wie Weichheit oder Intensität kann man seine Erfahrungen in die 3D-Szenen einfließen lassen und erzielt damit eine höhere Natürlichkeit.

6 Schatten

Die Schatten sind bei jeder Beleuchtung genauso wichtig wie das Licht. Der Schatten ist dem Licht als gestalterisches Mittel ebenbürtig, deshalb wirkt eine Szene dann realistisch, wenn auch der Schatten die optimale Qualität erreicht. Der Schatten verbessert die Komposition des Bildes indem er zum Beispiel dazu führt, dass Farbtöne satter wirken, Schattierungen intensiver und einzelne Bildelemente miteinander verknüpft werden.

6.1.1 Wirkung von Schatten

„Für die meisten Leute sind Schatten einfach nur Stellen, an die kein Licht scheint und die deswegen meist nur undeutlich zu erkennen sind. Obwohl ein Objekt natürlich im Schatten verborgen werden kann, ist es auch möglich, mit Schatten Dinge zu enthüllen, die ohne sie gar nicht sichtbar wären.“⁸⁸

6.1.1.1 Positionen im Raum bestimmen

Auch wenn wir das nicht bewusst wahrnehmen, dient der Schatten dient zur Orientierung im Raum. Dadurch findet man sich in dem gerenderten Raum eines Bildes oder Animation besser zurecht. Anhand des Schattens kann man nicht nur erkennen wo sich die Lichtquelle befindet und welcher Art die Lichtquelle ist, sondern verdeutlicht auch die räumlichen Verhältnisse zwischen den einzelnen Objekten einer Szene. Die Schatten verraten dem Betrachter die genaue Position der Objekte, zum Beispiel ob und wo sich ein Objekt auf dem Boden befindet oder wie weit es über dem Boden schwebt.

⁸⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 69

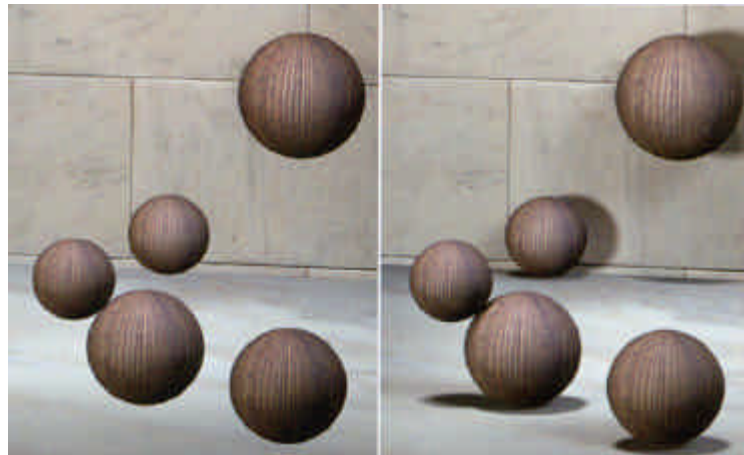


Abb. 6.1⁸⁹ Bestimmung der Position im Raum

„Im linken Teil von Bild [...] [6.1] kann man ohne einen helfenden Schatten nicht genau bestimmen, an welcher Position sich die einzelnen Bälle befinden. Durch Hinzufügen von Schatten im rechten Bild werden weitere Informationen über die relative Position und die dritte Dimension im Bild geliefert. Erst durch Schatten kann eindeutig festgestellt werden, welcher Ball auf dem Boden liegt, welcher in der Luft schwebt und welche Bälle sich unmittelbar nebeneinander befinden.“⁹⁰

6.1.1.2 Alternative Perspektiven enthüllen

Mit Hilfe der Schatten kann man neue Perspektiven und Winkeln des Motivs aufzeigen, die sonst nicht direkt sichtbar wären.



Abb. 6.2⁹¹ Der Schatten zeigt eine neue Perspektive des Motivs auf

⁸⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 70

⁹⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 69

⁹¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 70

In vielen Programmen ist es möglich die Szene aus der Position der Lichtquelle zu betrachten. Diese Möglichkeit ist sehr hilfreich bei der genauen Ausrichtung und Positionierung des Lichtes. Nicht alle Schatten müssen eine deutliche Form besitzen. Möchte man aber neue Winkel eines Objekts deutlich und erkennbar durch einen scharfen, auffälligen Schatten darstellen, so sollte man auf dessen Form achten.

6.1.1.3 Einsatz als gestalterisches Element

„Schatten können eine wichtige Rolle bei der Komposition einer Szene spielen. Ein gut platzierter Schlagschatten oder ein anderer Schattentyp kann Bereiche auflockern, die sonst nur als monotone, langweilige Oberflächen dargestellt werden. Wie in Abbildung 6.3 gezeigt, kann ein Schlagschatten den Blick des Betrachters gezielt auf bestimmte Teile des Bildes lenken. Schatten werden auch als gestalterisches Element eingesetzt, um Harmonie innerhalb der Komposition zu erreichen.“⁹²



Abb. 6.3⁹³ Rechtes Bild wird durch einen Schlagschatten ansprechender

6.1.1.4 Kontrast erzeugen

Grenzen zwei Elemente aneinander oder überschneiden sich und haben noch dazu fast den gleichen oder einen ähnlichen Farbton, dann ist es schwer sie visuell voneinander abzugrenzen. In diesem Fall kann der Schatten für genügend Kontrast sorgen. Ein gutes Beispiel dafür sind die folgenden Bilder:

⁹² Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 71

⁹³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 71



Abb. 6.4⁹⁴ Durch Schatten entsteht Kontrast zwischen Vorder- und Hintergrund

Da im linken Bild, Hintergrund und Apfel fast die gleiche Farbe haben sind sie schwer voneinander zu unterscheiden. Im rechten Bild dagegen „führen die eingesetzten Schatten dazu, dass durch Bildung von Kontrast und Tiefe ein deutlicher Unterschied zwischen Vorder- und Hintergrund erkennbar ist.“⁹⁵

6.1.1.5 Hinweisen auf die Umgebung

In dem im Bild oder Animation gezeigten Abschnitt „erzählen“ Schatten von eigentlich nicht sichtbaren Objekten aus der Umgebung. So wird der einschränkende Rahmen eines Bildes gesprengt und der Betrachter bekommt indirekte Hinweise über das nähere Umfeld.

„Die Anmutung von Raum außerhalb der gezeigten Momentaufnahme ist für die Wirkung des Bildes von besonderer Bedeutung – ganz wichtig ist sie, wenn man eine Geschichte erzählen möchte. Dem Betrachter werden Hinweise gegeben, die er nicht direkt aus dem Bild ableiten kann. Ein Schatten, der von einem Objekt außerhalb des sichtbaren Bereichs in das Bild geworfen wird, ist ein solcher Indikator. Der Betrachter erhält den Eindruck, dass es außerhalb des Bildes eine „richtige Welt“ gibt.“⁹⁶

⁹⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 71

⁹⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 71

⁹⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 72



Abb. 6.5⁹⁷ Die Schatten suggerieren eine erweiterte Umgebung

6.1.1.6 Elemente verbinden

In der Computergrafik kommt es oft vor, dass man phantasievolle oder unwahrscheinliche Szenen darstellt. Dabei werden in der Szene oft Objekte miteinander kombiniert, die normalerweise nicht zusammengehören. Bei einer falschen Inszenierung kann das Bild sehr unrealistisch wirken. Mit Hilfe der Schatten kann man zwischen den Objekten eine Beziehung aufbauen.

„Durch den raffinierten Einsatz von Schatten ist es möglich, dem Betrachter ausgefallene Szenen zu präsentieren, die ohne ausgefeilte Technik und Komposition nur unglaublich wirken würde. Das überzeugende Zusammenwirken einzelner Schatten hilft einfach beim Aufbau einer perfekten Illusion. Bei der Produktion fotorealistischer Aufnahmen kann ein einzelner fehlender Schatten das gesamte Werk zunichte machen. Selbst wenn ein Schatten in einer Szene keine andere Aufgabe erfüllt als ihre Natürlichkeit und Glaubwürdigkeit zu verstärken, lohnt sich sein Einsatz schon.“⁹⁸

⁹⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 72

⁹⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 73



Abb. 6.6⁹⁹ Zwei unvereinbare Elemente vereinigt durch den Schatten

6.1.2 Lichtquellen mit Schatten

Um zu entscheiden, welche der in der Szene verwendeten Lichtquelle Schatten werfen sollen, muss man sich zuerst der Ziele bewusst sein, die man mit der Beleuchtung und dem Schatten erreichen möchte. Hilfreich bei der Entscheidung können folgende Fragen sein:

„Genügt dafür schon ein einzelnes schattenwerfendes Licht? Gibt es Bereiche in der Szene, wo normalerweise mehr Schatten auftreten würde? Gibt es eine eindeutige Lichtquelle in der Szene, die Schatten wirft, und ohne die der Realismus stark leiden würde?“¹⁰⁰

6.1.2.1 Nur ein Schatten

Für manche Produktionen, die eine klare und simple Aussage anstreben ohne jegliche Komplexität in den Schattenbereichen, reicht es, wenn nur das Schlüssellicht Schatten wirft. In solchen Fällen kann man auf weitere Schatten wie zum Beispiel die der Fülllichter verzichten.

Viele Animationen werden beinahe automatisch so belichtet. Bei einer solchen Beleuchtung entsteht für den Betrachter eine deutliche Situation. Er erkennt eindeutig die Hauptlichtquelle und der dazugehörige Schatten. Es gibt nichts das ihn verwirrt oder das Ganze unrealistisch wirken lässt. Das wäre der Fall, wenn zum Beispiel eine zweite Lichtquelle, die fast genauso stark ist wie das Hauptlicht auftaucht und einen zweiten deutlichen Schatten erzeugt.

⁹⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 73

¹⁰⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 73



Abb. 6.7¹⁰¹ In manche Szenen genügt nur ein Schatten

6.1.2.2 Fülllicht mit Schatten

Es gibt Fälle in denen neben den Schatten des Schlüssellichtes auch sekundäre Schatten vom Fülllicht benötigt werden. Ein solcher Fall wird in den folgenden Bildern verdeutlicht: Links befindet sich die Kugel in dem vom Schlüssellicht geworfenen Schatten der Vase. Das Schlüssellicht wird durch die Vase blockiert und erreicht somit die Kugel nicht. Die Kugel wird also nicht direkt vom Schlüssellicht beleuchtet und wirft deshalb auch keinen Schatten. Doch wie man links erkennen kann sieht die Szene einwenig unrealistisch aus. Man hat den Eindruck der Ball würde schweben, er hat keine wirkliche Bodenständigkeit. Das liegt am fehlenden Schatten. Im rechten Bild hingegen wurden die Schatten beim Fülllicht aktiviert. Dadurch ist die Position der Kugel deutlich erkennbar, obwohl sie sich immer noch im Schatten der Vase befindet.



Abb. 6.8¹⁰² Durch den eigenen Schatten des Balls wird das Bild realistischer

¹⁰¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 74

¹⁰² Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 75

„Spielt sich ein wichtiger Teil der Szene innerhalb des vom Schlüssellicht geworfenen Schattens ab, müssen an dieser Stelle sekundäre Schatten durch Füll- und Gegenlicht oder andere Lichtquellen erzeugt werden. Flache, tote Schattenbereiche, wie im linken Teil von Bild [...] [6.8] zu sehen, zeigen weniger Schattierungen und Variationen, als Bereiche außerhalb der Schatten. Durch den Einsatz sekundärer Schatten kann erreicht werden, dass Beleuchtung und Schatten in solchen Bereichen ebenso schön gerendert werden, wie im Rest des Bildes.“¹⁰³

6.1.2.3 Schattendurcheinander

Einen sehr großen Vorteil der Computergrafik gegenüber dem Film und der Fotografie ist die Möglichkeit unerwünschte Schatten einfach „auszuschalten“.

„Würden alle Lichter in einer 3D-Szene Schatten werfen, so würde sich nicht nur die Renderzeit enorm erhöhen, es gäbe außerdem noch ein heilloses Durcheinander unnötiger Schatten innerhalb des Bildes. Die Aufmerksamkeit des Betrachters würde unerwünschterweise auf die vielen Lichtquellen gelenkt und nicht auf die eigentlichen Hauptakteure der Szene.“¹⁰⁴



Abb. 6.9¹⁰⁵ Zu viele Schatten verwirren bloß

Schatten in einem Bild führen nicht zwangsläufig zu einem realistischeren Ergebnis, denn in der Realität sind Schatten sehr weich und subtil und werden beinahe nicht wahrgenommen. Deshalb ist es oft besser einen Schatten „auszuschalten“ als die Szene mit sich überschneidenden Schatten zu überfüllen.

¹⁰³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 74 und 75

¹⁰⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 75

¹⁰⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 75

6.1.2.4 Kein Schatten

Es kommt vor, dass Szenen gebraucht werden, die nicht unbedingt naturgetreu sein müssen oder die wesentlich aufgeräumter, klarer und ein wenig „illustriert“ wirken sollen. In einem solchen Fall kann das Weglassen einzelner Schatten als stilistisches Hilfsmittel benutzt werden ohne unbedingt den Gesamteindruck der Szene negativ zu beeinflussen. Für so eine Vorgehensweise eignet sich auch sehr gut eine Szene mit diffizilen, stark eingeschränkten Beleuchtungsmöglichkeiten, denn die vielen komplexen Schatten bringen Unruhe ins Bild. In Trickfilmen und in von Hand gezeichnete Illustrationen werden gar keine Schatten benützt und sie werden normalerweise auch nicht vermisst.



Abb. 6.10¹⁰⁶ Manche Bilder kommen auch ohne Schatten aus

Das schon bekannte Bild 6.10 wirkt ohne Schatten deutlich ordentlicher und ein wenig illustriert, ohne wesentlich an Qualität zu verlieren. Es gibt auch andere Hilfsmittel und Aspekte der Beleuchtung außer den Schatten, die bei der Integration in der U-Bahn helfen: Zum einen durch „aufeinander abgestimmte helle und dunkle Bereiche“ und zum anderen „durch den Lichtbalken auf der Haut des Nilpferds“. Obwohl beim Betrachten der Füße des Nilpferds das Fehlen der Schatten auffällt, ist das Ergebnis durchaus zufriedenstellend.

„Ein Grund, warum auch Szenen ohne Schatten real wirken können, ist, dass der Betrachter oft nicht unterscheiden kann, ob es sich um einen Schatten oder um einen schlecht beleuchteten Bereich handelt. Die Terminologie in der Computergrafik legt fest, dass es sich bei einem Schatten um eine klar bestimmte Form im dreidimensionalen Raum handelt, die durch die Blockade von Licht (ganz wichtig!) an einem Objekt entstanden ist. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff „Schat-

¹⁰⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 76

ten“ aber beinahe für alle dunklen oder unbeleuchteten Stellen verwendet. So kommt es, dass viele Leute zum Beispiel bei der unbeleuchteten Gesichtshälfte in Bild [...] [6.11] von Schatten sprechen. Technisch gesehen wurde aber bei diesem Bild kein Schatten erzeugt. Die vorherrschenden dunklen Bereiche erzeugen aber immer noch den Eindruck einer schattigen Szene.“¹⁰⁷



Abb. 6.11¹⁰⁸ Ein Portrait ohne Schatten

6.1.2.5 Schattenbereiche

„Licht benötigt eine Quelle, ganz im Gegensatz zur Dunkelheit. Ein Betrachter kann nicht feststellen, woher und aus welcher Richtung Dunkelheit kommt. In vielen Szenen scheinen alle dunklen und unbeleuchteten Bereiche zu verschmelzen. Unabhängig davon, ob die benachbarten dunklen Töne durch einen Schatten verursacht oder gar nicht erst beleuchtet wurden, bildet sich aus ihrer Gesamtheit ein Schattenbereich.“¹⁰⁹

¹⁰⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 76 und 77

¹⁰⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 77

¹⁰⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 77

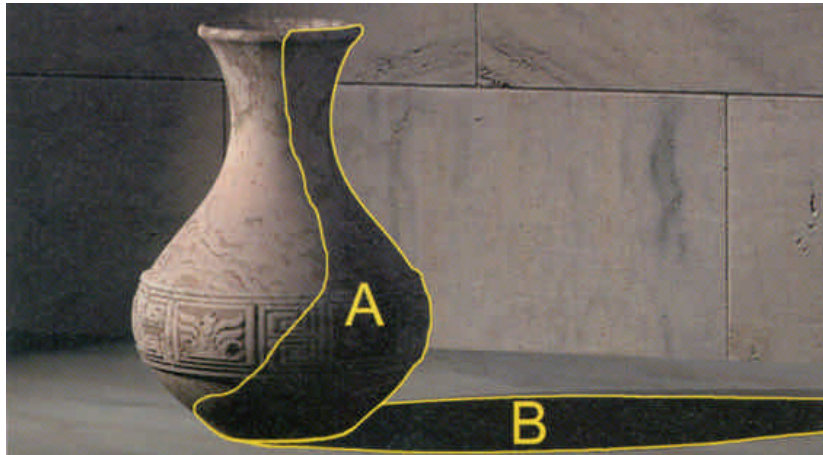


Abb. 6.12¹¹⁰ Bereich A und B bilden zusammen ein Schattenbereich

Ein Schattenbereich ist die Dunkelheit in einem Bild, die entweder bewusst als Schatten kreiert wird oder Bereiche die unbeleuchtet gelassen werden. In dem Bild 6.12 werden die Bereiche A und B zusammen als das Schattenbereich des Objekts definiert. Der Bereich A ist dunkel, weil auf dieser Seite der Vase kein Licht fällt. Aus dem technischen Blickpunkt hingegen repräsentiert der Bereich B einen echten Schatten.

6.1.3 Helligkeit von Schatten

Zu dunkle oder zu helle Schatten führen zu einer unnatürlichen Wirkung im Bild und lenken deshalb oft von den wirklichen Motiven der Szene ab. In der Natur reflektiert jede Oberfläche einen Teil des empfangenen Lichts.

„Aus diesem Grund wird ein Schatten, der gegenüber einer hell erleuchteten Oberfläche liegt, niemals völlig dunkel sein. Umgekehrt geben helle Bereiche immer einen Teil dieser Beleuchtung an benachbarte, dunkle Bereiche weiter.“¹¹¹

¹¹⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 77

¹¹¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 78



Abb. 6.13¹¹² Zu dunkle Schattenbereiche wirken nicht natürlich

In der Computergrafik hat man verschiedene Möglichkeiten die Schattenhelligkeit zu steuern doch nicht alle sind empfehlenswert.

6.1.3.1 Die Schattenfarbe

Eine Möglichkeit die Schatten aufzuhellen ist der Parameter „Schattenfarbe“, der in vielen Programmen zu finden ist. Wird dieser Parameter „eingeschaltet“ kann der Schatten erhellt werden. Bei dieser Möglichkeit muss man beachten, dass in so einem Fall nur der geworfene Schatten (Bereich B) beeinflusst werden kann. Die vom Licht abgewandte Seite des Objekts (Bereich A) ist ausgeschlossen von der Veränderung der Schattenfarbe, was ein unrealistisches Ergebnis zur Folge hat. Dies kann man in der Abbildung 6.14 beobachten. Obwohl der geworfene Schatten der Vase erhellt wurde, bleibt die unbeleuchtete Seite der Vase dunkel, dadurch entsteht kein zusammenhängender Schattenbereich. Die unrealistische Wirkung ergibt sich, weil in der Natur das reflektierte Licht im Raum sowohl die Objektschattenseite (Bereich A) als auch den geworfenen Schatten der Vase (Bereich B) erhellen würde.



Abb. 6.14¹¹³ Nur der geworfene Schatten ist heller geworden

¹¹² Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 78

¹¹³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 79

Durch die Veränderung des Parameters Schattenfarbe kann ein zweites Problem auftreten. Falls die durch Licht geworfene Schatten nicht vollflächig sind, kann das Licht massive Objekte durchdringen. Da man so etwas in der Natur nicht finden kann ist dieser Effekt sehr unrealistisch. Dies kann man im Bild 6.15 beobachten. Im rechten Bild ist die Schattenfarbe auf den Wert 0 (Schwarz) eingestellt und das Licht durchdringt nicht mehr die Tischplatte. Damit wirkt die Beleuchtungssimulation wieder echt.

„In der Natur ist der Schatten eines massiven Objekts – zum Beispiel der Tischplatte – immer vollkommen lichtundurchlässig. Aber auch solche Schatten sind nie vollkommen schwarz. Licht gelangt zwar nicht direkt von der Lichtquelle in den Schattenbereich, aber doch indirekt über reflektierende Flächen in der Umgebung, weswegen der Schattenbereich unter dem Tisch normalerweise nie vollkommen schwarz ist.“¹¹⁴



Abb. 6.15¹¹⁵ Wegen der Schattenfarbe ist es dem Licht möglich massive Objekte zu durchdringen

6.1.3.2 Aufhellen von Schatten mit Umgebungslicht

Eine weitere Möglichkeit die Schatten zu erhellen ist die Verwendung des globalen Umgebungslichts. Beim Einsatz des Umgebungslichts werden nicht nur die Schattenbereiche, sondern die gesamte Szene heller.

„Den Schattenbereich in der Szene wird eine flache, gleichförmige Beleuchtungsebene hinzugefügt.“¹¹⁶ Die Chance mit dem Licht zu modellieren wird somit durch den Verlust der Vielfältigkeit in der Schattierung ausgeschlossen. „Einzelheiten, Krümmungen und Variationen des eingeritzten Musters seitlich auf der Vase [...] werden verdeckt oder schlecht aufgelöst, da sie nur durch flaches Umgebungslicht ausgeleuchtet werden.“¹¹⁷

¹¹⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 79

¹¹⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 79

¹¹⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 80

¹¹⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 80



Abb. 6.16¹¹⁸ Umgebungslicht erzeugt eine flache Schattierung

6.1.3.3 Aufhellen von Schatten mit Fülllicht

„Eine weitaus bessere Methode zur Veränderung von Helligkeit und Tönung der Schattenbereiche bietet der Einsatz von Fülllicht. In Bild [...] [6.17] sorgt ein Fülllicht für die passende Tönung des geworfenen Schattens und des unbeleuchteten Bereichs. Die Farbtöne werden so angepasst, dass der gesamte Schattenbereich einheitlich und natürlich wirkt. Außerdem sorgen leichte Variationen in der Schattierung des Schattenbereichs für ein glaubwürdiges Ergebnis.“¹¹⁹



Abb. 6.17¹²⁰ Die Schattierungen des Fülllichts sind natürlicher

Braucht man in seiner Szene kräftige und interessante Schattenbereiche hat man die Möglichkeit, diese in Farbe zu rendern. Es sollte eine Farbe sein, die sich von der Umgebung oder der Farbe des Schlüssellichts abhebt. Am besten dafür eignen sich Komplementärfarben.

¹¹⁸ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 80

¹¹⁹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 80

¹²⁰ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 80

6.1.4 Schatten simulieren

In der Computergrafik ist nicht nur das Endresultat wichtig, sondern auch die dafür verwendete Zeit und Kapazitäten. Es gilt die Zeit und Kapazitäten so gut wie möglich zu minimieren. Schattenwerfendes Licht verbraucht soviel Renderzeit wie 20 Lichter ohne Schatten. Der größte Teil der Rechenleistung und damit der Renderzeit beim Rendern von Licht wird für die Berechnung von Schatten benötigt. Deshalb kann es in manchen Situationen eine bessere Entscheidung sein, die Schatten nachzuahmen und dadurch die Renderzeit zu verkürzen.

Die verschiedenen Techniken zur Nachahmung von Schatten verringern spürbar die Renderzeit, doch sie sind nicht in der Lage die gleiche Qualität zu liefern. Das Manko der nachgeahmten Schatten ist, dass sie weniger akkurat sind und ihr Einsatz erfolgt ohne Berücksichtigung möglicher Objekte die das Licht blockieren. Dies erfordert eine hohe Aufmerksamkeit des 3D-Computergrafikers. Benötigt man hingegen in einer relativ einfachen Szene einen Schatten ohne lange Renderzeiten, kann man getrost auf diese Techniken zurückgreifen.

6.1.4.1 Negative Helligkeit

Man kann Schatten nachahmen indem man zum Beispiel Licht mit negativer Helligkeit hinzufügt. Das Licht mit negativer Helligkeit kann verschiedene Bereiche einer Szene abdunkeln. Das Ergebnis ist wie bei einem weichen Schatten. Das folgende Beispiel verdeutlicht die Technik.¹²¹

1. Beginnen sollte man mit einer Szene ohne Schatten.
2. Ein Spotlicht wird auf die Stelle gerichtet an der, der Schatten fallen soll. Alle Lichtquellen inklusive das Spotlicht müssen so eingestellt sein, dass sie keine Schatten werfen.
3. Durch Ausprobieren soll jetzt der Bereich erhellt werden auf dem normalerweise der Schatten fallen würde. Alle Objekte auf die gewöhnlich kein Schatten fallen würde müssen von der Beleuchtung ausgeschlossen werden.
4. Jetzt wird die Helligkeit oder der Multiplikator des Spotlichtes auf einen negativen Wert eingestellt. Die vorher beleuchtete Stelle wird jetzt abgedunkelt. So kann man Schatten imitieren und Renderzeit sparen.

„Negative Lichter“ werden üblicherweise in den Szenen verwendet um besondere Bereiche wie Ecken eines Raumes oder solche die zu hell geraten sind abzudunkeln. Weiche Schatten ohne viel Rechenzeit lassen sich auch durch negative Helligkeit simulieren.

¹²¹ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 87

6.1.4.2 Polygone als Schattenersatz

Diese Technik zur Schattennachahmung kommt oft in Videospiele und Simulationen zum Einsatz, da hier Renderzeit und Kapazitäten sehr knapp bemessen sind. Der ganze Trick besteht darin, einige Polygone unterhalb des Objektes dunkel einzufärben, um auf simple Art und Weise Schatten anzudeuten. Diese Technik wird meistens dann verwendet, wenn der einzige sichtbare Schatten flach auf den Boden fällt. Es dürfen durch ihn keine anderen Objekte der Szene beeinflusst werden.

In Animationen die mit einem Filter als Cartoon gerendert werden, wird diese Technik auch verwendet. Es gibt Situationen in denen man mit einem einfachen Schatten mehr erreicht als mit einem komplexen.

6.1.4.3 Vermeidung von Schatten

Eine gute Möglichkeit Renderzeiten zu verringern ist unnötige Schatten oder Schatten an sich zu vermeiden. Dafür muss man sich viele Gedanken über das Ausleuchten der Szene, über die Ausrichtung und Einstellung der Lichter machen.

„Sie sparen sich und Ihrer Software viel Zeit, wenn Sie sicherstellen, dass das betroffene Gebiet außerhalb des Lichtkegels bzw. des Lichtdämpfungsbereichs befindet.“¹²²

Es ist auch empfehlenswert Objekte und Bereiche die ausreichend und zufriedenstellend beleuchtet wurden von weiterem Lichteinfluss neuer Lichtquellen auszuschließen. Als gutes Beispiel¹²³ dient hier die schon bekannte Lampe mit einem Lampenschirm.



Abb. 6.18¹²⁴ Hier wird auf Schatten verzichtet

Normalerweise wirft der Lampenschirm einen Schatten, was man aber bei diesem Beispiel vermeiden kann. Die Lösung liegt darin, an Stelle der Glühbirne zwei Spotlichter

¹²² Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 89

¹²³ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 89

¹²⁴ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 89

einzusetzen. Eines strahlt nach oben und das andere nach unten. So entstehen die typischen uns bekannten Lichtkegeln oben und unten, ohne dass Schatten geworfen und berechnet werden müssen. Das dritte Licht in der Mitte ist ein omnidirektionales Licht, das schwach eingestellt ist und auch keine Schatten wirft. Seine Aufgabe ist, das durch den Lampenschirm leuchtende Licht zu simulieren. Durch diese gut durchdachte Einstellung kann man schattenwerfende Lichtquellen vermeiden und die Rechenzeit stark minimieren. Diese Einstellung bietet aber auch bessere und direkte Kontrolle über das Licht.

6.1.4.4 Schattenlicht

Manche Programme bieten die Möglichkeit an Licht zur Schattenquelle umzuwandeln. Das bedeutet, dass diese Lichtquelle Schatten wirft ohne aber die Objekte der Szene zu beleuchten. Das Schattenlicht erhöht nicht die Helligkeit in der Szene, sondern kreiert nur Schatten.

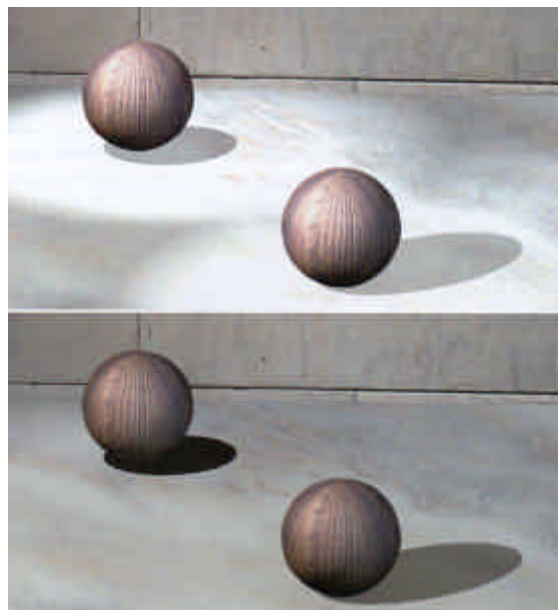


Abb. 6.19¹²⁵ Einsatz von Schattenlichter

Das Bild 6.19 zeigt eine Szene in der zwei Lichter hinzugefügt werden um die verwirrenden, unterschiedlichen Schatten zu erzeugen. Doch die zwei Lichtquellen erhöhen auch zusätzlich die Helligkeit in der Szene. Will man die Schatten, die in verschiedene Richtungen zeigen behalten aber auf die zusätzliche Helligkeit verzichten, muss man die Lichter zu Schattenlichter deklarieren. Das Bild 6.19 verdeutlicht den Einsatz von Schattenlichter im Vergleich zum vorherigen Bild.

¹²⁵ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 90

6.1.4.4.1 Einsatzmöglichkeiten für Schattenlichter

Wie wir wissen gibt es in der Natur kein Schatten ohne Licht. Doch genau das gehört zu den Eigenschaften eines Schattenlichts. Das Schattenlicht ist ein Hilfsmittel, dass in einigen Situationen nützlich sein kann.

Die Schattenlichter ermöglichen unwahrscheinliche Schattenwinkel, die sonst so nicht zustande hätten kommen können. Die Effekte, die mit solchen Schattenquellen möglich sind, wie zum Beispiel Schatten in verschiedene Richtungen zu werfen, wirken ein wenig unrealistisch. Aber diese Effekte sind immer wieder in der Malerei zu finden. Das macht das Schattenlicht zu einem stilistischen oder gar lustigen Mittel, welches in der Szene eingesetzt werden kann.

Ist die Szene mit verschiedenen Lichtern beleuchtet, kann man mit Hilfe eines Schattenlichts unabhängig von den übrigen Lichtquellen einen Schatten nach den eigenen Vorstellungen einsetzen. Dazu müssen die Lichtquellen so eingestellt werden, dass sie keinen Schatten werfen. Man kann also mit dieser Methode ein Motiv von allen Seiten beleuchten und durch das Schattenlicht nur einen Schatten erzeugen. Außerdem kann man dabei auch die Helligkeit des Schattens einstellen und somit die Stimmung des Bildes beeinflussen.

Für effiziente Schatten-Maps, die nur kleine Bereiche abdecken, kann man die ganze Umgebung mit einem Licht beleuchten, welches keine Schatten wirft. Mit den Schattenlichtern kann man dann bestimmte ausgewählte Bereiche gezielt abdunkeln.

Schattenlichter ermöglichen genauen Einfluss auf die Helligkeit, den Schatten, auf deren Richtung und deren Winkel. Man sollte zwar nicht in jeder Situation Schattenlichter einsetzen, doch bei Gelegenheit können sie eine große Hilfe sein.

6.1.4.4.2 Schattenlichter nachahmen

Da nicht alle Programme die Option bereitstellen Schattenlichter einzusetzen, gibt es eine Möglichkeit, die Schattenlichter zu simulieren¹²⁶.

1. Als erstes wird eine Lichtquelle, zum Beispiel ein Spot- oder Punktlicht erstellt. Bei dieser Lichtquelle schaltet man die Schatten ein, damit man in der Szene den gewünschten Schatten hat.
2. Um die Helligkeit dieses Lichtes wieder aus der Szene zu absorbieren wird eine Kopie des ersten Lichtes an exakt der gleichen Stelle erstellt. Ohne die Lichter zu bewegen wird bei der Kopie der Parameter „Schatten werfen“ ausgeschaltet und für die Helligkeit beziehungsweise für den Multiplikator wird der negative Wert des ersten Lichtes eingegeben. Hat zum Beispiel das erste Licht die Helligkeit 2 bekommt das kopierte Licht die Helligkeit -2 zugewiesen.

Diese zwei Lichter funktionieren zusammen wie ein Schattenlicht. Das zweite Licht neutralisiert die Beleuchtung des ersten Lichtes. Das Einzige was übrigbleibt ist der

Schatten des Objektes. Daher darf man bei diesem Trick nicht vergessen, dass diese beiden Lichter die Szene nicht beleuchten. Um den Schatten und das Objekt in dem Bild zu sehen, muss diese durch weitere Lichter beleuchtet werden. Bei diesen Lichtern muss der Parameter „Schatten werfen“ ausgeschaltet sein.

6.1.4.5 Situationen zur Nachahmung von Schattenlichter

Die Entscheidung, wann man in einer Szene Schatten nachahmt muss man selbst treffen. Durch die fortgeschrittene Computertechnologie und die knappe Zeit, die man heutzutage zur Verfügung hat, ist es meistens nicht mehr rentabel Schatten zu simulieren.

„Trotzdem können Sie durch Anwendung der genannten Kniffe und Tricks Ihren Wissensschatz systematisch erweitern. Es ist immer besser, zehn Wege zum Ziel zu kennen, als auf eine einzige Lösung vertrauen zu müssen. Einige dieser Verfahren dienen nicht ausschließlich der Zeitersparnis, sondern ermöglichen auch eine bessere Einflussnahme auf das Gesamtergebnis und erhöhen damit nicht zuletzt die Qualität Ihrer Computergrafiken.“¹²⁷

¹²⁶ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 91

¹²⁷ Jeremy Birn: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001, S 92

7 Zusammenfassung

Retrospektiv gesehen ist es wichtig für die Computergrafik die Natur zu beobachten. Die Lichtquellen aus der realen Welt auf ihre Eigenschaften und Entwicklungen zu analysieren. Hat man das Ziel natürlich wirkende Beleuchtung einzusetzen kann man vieles von der Natur nachahmen. Aber auch wenn man das Ziel verfolgt gestalterisch interessante Beleuchtung einzusetzen muss man über das Wissen verfügen wie man die gewünschte Atmosphäre und den gewünschten Bildeindruck hervorruft.

Zur richtigen Beleuchtung ist es sehr hilfreich ausreichend Wissen zu besitzen um leicht Alternativen zu finden, Tricks einzusetzen, sich auf jede Situation neu einzustellen und den Betrachter zu „manipulieren“. Doch um den Betrachter zu führen ist es nötig den Überblick und die Kontrolle über jedes einzelne Licht, seine Eigenschaften und Auswirkungen zu haben.

Literaturverzeichnis

Birn, Jeremy: Lighting und Rendering. Markt und Technik. München 2001

Brugger, Ralf: Professionelle Bildgestaltung in der Computergrafik. Grundlagen und Prinzipien für eine ausdrucksstarke Computervisualisierung. Addison-Wesley. Bonn 1995

Velsz, István: 3D Studio Max R3. Grundlagen und Praxis der 3D-Visualisierung und -Animation. Addison-Wesley. München 2000

von Koenigsmarck, Arndt: 3D Design. Grundlagen der Gestaltung in der dritten Dimension. Midas Verlag. St. Gallen 2000

Bell, Jon A.: 3D Studio Max R3. Professionelle 3D-Effekte. MITP-Verlag. Bonn 2000

Miller, Phil: Insider. 3D Studio Max R3. Markt und Technik. München 2000

Murdock, Kelly L.: 3ds Max 4 Bible. Hungry Minds, Inc. New York 2001

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift